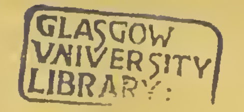

GLASGOW
COLLEGE
LIBRARY


via veritas vita


30114012791409



Ueber den Bau der Cutispapillen und die sogenannten Tastkörperchen R. Wagner's

von

A. Kölliker. *)

Mit zwei Tafeln.

R. Wagner hat in der neuesten Zeit über das Verhalten der Nerven in der Haut Mittheilungen gemacht (Allg. Zeitung. Jan. Febr. 1852, Gött. Nachricht. Febr. 1852), denen zufolge dieselben bisher ganz unrichtig aufgefasst worden wären. *Wagner* scheidet nach Untersuchungen *G. Meissner's* und seiner selbst, die an der Haut der Handfläche angestellt wurden, die Papillen in nervenführende und gefässhaltende. Erstere sollen ein besonderes ovales Körperchen in ihrer Axe enthalten, das wie aus hintereinanderliegenden sack- oder bandförmigen Schichten bestehe und im Ansehen einem Tannzapfen gleiche, ein Gebilde, das *W.* als einen eigenen physikalischen Sinnesapparat betrachtet und mit dem Namen «Tastkörperchen», Corpusculum tactus, belegt. Die Nerven sollen als 1—3 dunkelrandige feine Röhren von unten oder auch wohl seitlich an diese Körperchen treten und in denselben frei oder vielleicht in feine Aeste getheilt enden. Am reichlichsten fand *W.* diese Körperchen in den Fingerspitzen, je weiter gegen die Handwurzel um so spärlicher. — Ich habe mir angelegen sein lassen, diese mit grosser Bestimmtheit gemachten Angaben auch meinerseits einer Untersuchung zu unterziehen, um so mehr, da *Wagner* grosse Hoffnungen für die Physiologie des Tastsinnes an dieselben knüpft, und hat sich mir hierbei folgendes Resultat ergeben.

Die Papillen bestehen, abgesehen von Gefässen und Nerven, vorzüglich aus einem bald mehr homogenen, bald deutlich fibrillären leimgebenden Gewebe, welches vom Bindegewebe zu sondern kein Grund vorhanden ist, aus feineren elastischen Fasern in verschiedenen Entwickelungszuständen (als spindelförmige Zellen [Bindegewebskörperchen

*) Aus der Zeitschrift f. wissensch. Zoologie v. *C. Th. v. Siebold* u. *Kölliker*. IV. Bd. 1. Hft. 1852.

Virchow], Zellennetze, isolirte feine elastische Fasern und Fasernetze). Diese Elemente sind so vertheilt, dass man an den meisten Papillen eine Rindenlage und einen Axenstrang deutlich unterscheidet (Fig. 15. 16). In jener verlaufen die Faserelemente longitudinal und ist das Bindegewebe oft deutlich fibrillär, abgesehen von der oberflächlichen Schicht, die einen hellen homogenen, jedoch nicht isolirbaren Saum bildet; in dieser ist dagegen die Substanz mehr gleichartig und hell und an manchen Orten durch quer verlaufende elastische Elemente von der äusseren Lage abgegrenzt. Sind diese letzteren wirkliche feine elastische Fasern und nicht zu dicht gelagert (Fig. 15. 16), so wird Niemand hieraus Veranlassung nehmen, dieselben als etwas Besonderes zu bezeichnen, anders, wenn dieselben in unentwickelter Form sehr eng beisammenstehen, wie dies bei den *Wagner*'schen Tastkörperchen der Fall ist. Diese sind nämlich nichts Anderes als die schon von mir gesehene helle, von queren Kernen und Kernfasern bezeichnete Axe, die bei Vermeidung von Reagentien nicht anders erscheint als ich sie in Fig. 4 meiner mikroskopischen Anatomie zeichnete. Natron causticum dilutum, dessen ich mich zur Erforschung des Nervenverlaufes in den Papillen fast allein bediente, zeigt dieselben häufig ebenfalls nicht schärfer begrenzt, daher ich diesem Theile weiter keine Aufmerksamkeit zuwandte, wogegen Essigsäure, die *Wagner* und *Meissner* gebrauchten, solche Axen von Papillen, wenn auch nicht immer, doch in den meisten Fällen als ovale oder cylindrische schärfer begrenzte Körper erscheinen lässt (Fig. 1—13. Fig. 17. 15), denen zahlreiche Querstreifen, wenn man will, eine gewisse Aehnlichkeit mit einem Tannzapfen geben. Dem feinen Baue nach besteht ein solcher «Axenkörper», wie ich ihn nenne, nicht aus übereinandergelagerten Schichten oder Scheiben, wie *Wagner* vermuthet, sondern aus einem Strange von homogenem Bindegewebe, der auf Querschnitten und bei der Ansicht von oben am deutlichsten erscheint, und einer äussersten meist einfachen Lage von unentwickeltem elastischem Gewebe, das in Form von spindelförmigen, mehr oder weniger in feine Fasern ausgezogenen, wahrscheinlich untereinander verbundenen Zellen mit kürzeren länglichen Kernen, welche letzteren auch *W.* sah, den Bindegewebsstrang, der hie und da auch im Innern solche Körperchen zu enthalten scheint, der Quere nach dicht umspinnt. Morphologisch ist also ein solcher Axenkörper nicht gerade besonders eigenthümlich gebaut, schliesst sich vielmehr an die von wirklichen elastischen Fasern umgebenen Axen gewisser anderer Papillen (z. B. der Fusssohlen), namentlich die oft unentwickelten Spitzen derselben (Fig. 15), und an die umsponnenen Bindegewebsbündel, wie sie ja auch in der Cutis sich finden, eng an, und liegt die Differenz vorzüglich darin, dass derselbe mehr unentwickeltes elastisches Gewebe enthält, was sich bei

den Papillen, die ja überhaupt, verglichen mit der Cutis selbst, aus mehr embryonalem Gewebe bestehen, leicht begreift.

Das Vorkommen anlangend, so finden sich Axenkörper von der beschriebenen Art nur in gewissen Papillen, und zwar, so weit meine bisherigen Untersuchungen reichen, nur in der Handfläche, den rothen Lippenrändern und der Zungenspitze, nicht an den Zehen, der Brust, dem Rücken, der Glans penis, den Nymphen, spurweise am Handrücken und der Fusssohle. In der Hand (Fig. 1—9) zeigen sich dieselben besonders in den zusammengesetzten Papillen in besonderen mehr weniger hervortretenden, meist kürzeren, manchmal längeren Spitzen, je zu einem oder zweien, seltener in isolirten einfachen Papillen, und zwar als ovale oder walzenförmige Gebilde von $\frac{1}{3}$—$\frac{2}{3}$ der Breite der Papillenspitzen und $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ der Länge derselben, die an den Fingerbeeren je in der zweiten bis vierten Papille anzutreffen sind, am ersten Gliede dagegen auf 1‴ Länge nur noch in 2—6 Papillen sich finden und in der Hohlhand selbst noch spärlicher sind. Häufig sind hier die Axenkörper besonders nach Essigsäurezusatz stellenweise eingeschnürt, selbst spiralig gedreht, so dass oft eine gewisse Aehnlichkeit mit einem ähnlich behandelten umsponnenen Bindegewebsbündel und einem Spiralschweissgange entsteht. Am Rücken der Finger und an der Ferse zeigten sich bei mehreren Individuen keine Axenkörper in den Papillen, in einigen Fällen waren dieselben jedoch auch hier ganz vereinzelt und klein in einigen wenigen Papillen vorhanden (Fig. 10. 17). — In den Lippen sah ich bei zwei Individuen ähnliche Axenkörper wie in der Hand, bei einem dritten Individuum fehlten sie. Dieselben fanden sich nur in dem Theile des rothen Lippenrandes, der bei geschlossenem Munde sichtbar ist, waren ganz winzig und sassen zum Theil in hervorragenden kleinen Spitzen grösserer Papillen zum Theil in Vertiefungen zwischen zwei Ausläufern von solchen (Fig. 11—13). In der Zunge, in der nach *Wagner* etwas seinen Tastkörperchen ähnliches sich zu finden scheint, sah ich in zwei Fällen keine Axenkörper, traf sie dagegen in einem dritten ziemlich hübsch in den Papillae fungiformes der Zungenspitze (ob sie in den hinteren auch sich finden, weiss ich nicht), wogegen sie in den filiformes und circumvallatae fehlten. Sie sassen hier zu einem oder mehreren an der Spitze der Hauptpapille, ohne in die einfachen Ausläufer derselben sich zu erstrecken und waren auch wohl wie am Boden eines von den einfachen Papillen umsäumten Endgrübchens enthalten (Fig. 18).

Bezüglich auf den Verlauf der Nerven in der Haut, so bestätigt *Wagner* die von mir auch beim Menschen aufgefundenen Theilungen der Primitivröhren in den Endplexus, die ich neulich auch in der Hand, den Lippen und der Zunge sah, und behauptet ferner, dass

wenigstens in der Handfläche nur die Papillen Nerven enthalten, die die beschriebenen Axenkörperchen besitzen, während dieselben der Gefässe entbehren. Anlangend die letzten wichtigen Punkte, so wissen Alle, die genauer mit der Untersuchung der Haut sich beschäftigt haben, dass bei weitem nicht in allen Papillen Nerven aufzufinden sind, es nahm jedoch, angesichts der Schwierigkeit der Auffindung der Nerven in einem derben Organe, wie die Haut, Niemand hiervon Veranlassung, die althergebrachte Ansicht, dass jede Papille Nerven enthalte und mithin Gefühlswärzchen sei, zu verwerfen. *Wagner*, dem nach Beobachtung des scharf umschriebenen Axenkörpers der Papillen in der Hand auffiel, dass derselbe nur in gewissen derselben sich finde, die zugleich auch Nerven zeigten, musste dies nahe liegen, und gelangte derselbe so zu der angeführten Behauptung. Was mich betrifft, so finde ich bei wieder aufgenommener und anhaltend fortgesetzter Untersuchung der Haut der Handfläche, dass in der That die Papillenspitzen oder selbständigen Papillen mit Axenkörpern in den meisten Fällen dunkelrandige Nerven sehr deutlich zeigen, allein hieraus möchte ich denn doch vorläufig wenigstens noch nicht den Schluss ableiten, dass die anderen Papillen keine Nerven und nur Gefässe besitzen. Wenn man bedenkt, dass, wenn auch verhältnissmässig sehr selten, auch gefässhaltige Papillen der Hand ohne Axenkörper dunkelrandige Nervenröhren enthalten, ferner, dass auch an anderen Orten, wie an der Sohle (Fig. 16), den Lippen, solche Papillen sich finden, endlich, dass die Untersuchung der Hautnerven eine sehr schwierige ist, so wird es gerathener erscheinen, sich in dieser Frage für einmal eines bestimmten Urtheiles zu enthalten, um so mehr, da die Möglichkeit vorliegt, dass ähnliche blasse marklose Nervenröhren, wie ich sie in der Haut der Maus entdeckte, auch beim Menschen sich finden. Immerhin bin ich nicht abgeneigt, darin *W.* beizustimmen, dass in der Handfläche fast nur die Papillen mit Axenkörpern dunkelrandige Nerven führen, denn es ist allerdings sehr auffallend, dass in diesen Papillen die Nerven so leicht und sicher zur Anschauung kommen; was dagegen die allfällige Existenz von marklosen Fasern in den Papillen ohne Axenkörper betrifft, so ist es sicher verfrüht, sich hierüber zu äussern. Was die Gefässe anlangt, so ist es nicht richtig, wenn solche den Papillen mit Nerven unbedingt abgesprochen werden. Bei zusammengesetzten Papillen führen allerdings die Spitzen mit Axenkörpern und Nerven häufig keine Gefässe, andere Male enthalten jedoch auch sie eine Capillarschlinge (Fig. 9) und noch häufiger ist dies bei den einfachen Papillen mit Nerven der Fall (Fig. 6. 10). In der Lippe enthalten die nervenhaltigen Papillen, mögen sie Axenkörper besitzen oder nicht, die meisten, vielleicht alle Gefässe, und finden sich verhältnissmässig nur wenige Papillen, in denen keine Nerven sichtbar zu machen sind. Die Zunge hat in den

grösseren Papillen alle Gefässe und Nerven, dagegen habe ich bisher in den im Epithel vergrabenen einfachen Papillen keine Nerven finden können. — Wie die Nerven in anderen als den genannten Hauttheilen sich verhalten, ist noch zu erforschen. Auffallend ist mir, dass man selbst an der Fusssohle so selten dunkelrandige Nerven in den Papillen selbst wahrnimmt, ja, dass dieselben an manchen Orten selbst gar nicht zu finden sind. Weitere Forschungen werden zu ermitteln haben, wie weit dunkelrandige Nerven in den Papillen der Haut verbreitet sind, ob statt derselben vielleicht marklose Fasern sich finden oder vielleicht an gewissen Orten die Nerven gar nicht in die Papillen eindringen, sondern mit den bekannten oberflächlichen Netzen an der Basis der Papillen enden.

Den Verlauf der dunkelrandigen Nerven in den Papillen der Hand anlangend, so irrt *Wagner*, wenn er behauptet, die von mir gezeichneten Nervenschlingen seien Blutgefässe. *Wagner* hat die Nerven der betreffenden Papillen nur unvollständig gesehen, vielleicht weil er auch Natron zur Erforschung derselben anwandte, das dieselben leichter zerstört. Ich habe in der neuesten Zeit, wenn es mir auf die chemischen Verhältnisse ankam, nur Essigsäure gebraucht und hierbei Folgendes gesehen. Jede Papillenspitze oder Papille mit einem Axenkörperchen enthält in der Regel zwei, oder wie dies an den Fingerbeeren häufig ist, vier dunkelrandige Röhren, die, umgeben von Neurilem (Fig. 1—9 *b*), das den bisherigen Beobachtern entgangen ist, als ein feines Nervenstämmchen von 0,006—0,012''' Breite, stark geschlängelt, durch die Axe der Papille bis zum unteren Ende des Axenkörpers aufwärts ziehen. Hier verliert sich der Nerv häufig dem Blick (Fig. 9. 12), so dass man, wie es *Wagner* begegnet ist, zum Glauben verleitet werden kann, derselbe dringe in das Körperchen ein, das wie auf einem Stiel auf demselben sitze, und ende. Untersucht man jedoch viele frische mit Essigsäure behandelte Präparate, so gewinnt man die bestimmte Ueberzeugung, dass dies nur Schein ist, dass vielmehr die Nervenröhren äusserlich an dem Axenkörperchen entweder bis zur Spitze der Papille oder bis nahe an dieselbe heraufgehen. Indem sie dies thun, bleiben dieselben entweder beisammen oder nehmen einen isolirten Verlauf an. In beiden Fällen wird ihr Neurilem äusserst fein und scheint sich endlich ganz zu verlieren, und zeigen dieselben zu den Axenkörperchen ein verschiedenes Verhalten, indem sie entweder mehr geraden Weges, wenn auch geschlängelt, an denselben heraufgehen (Fig. 1—4), oder wie es besonders bei vier Nervenröhren häufig geschieht, dieselben mit einer oder einigen Spiraltouren umspinnen (Fig. 6 u. 8). Ueber das eigentliche Ende der Nervenröhren kann ich auch jetzt nicht anders mich äussern als früher, indem ich auch jetzt wieder Schlingen mit aller Bestimmtheit in mindestens sechs Fällen gesehen

zu haben glaube (Fig. 1—5, 8). Die Beobachtung derselben ist jedoch sehr schwierig und gelingt in vielen Fällen trotz aller angewandten Mühe nicht, und will ich daher, da Jeder irren kann, es Niemand verwehren, die Endigungsweise der Papillennerven noch für unausgemacht zu betrachten oder an freie Endigungen zuglauben, die vielleicht auch vorkommen, wenigstens dem Scheine nach sehr häufig sich darbieten. Ich gebe, was ich gesehen, nach bestem Wissen, und bin ebenso wenig auf Schlingen versessen, als ich in denselben ein Gespenst sehen kann. Das ist mir jedoch ausgemacht, dass *Wagner* die Nerven der Papillen nicht so weit als es möglich ist, verfolgt hat, und daher für einmal wenigstens nicht beanspruchen kann, in dieser Sache ein entscheidendes Wort mitzureden. Wie die Nerven in den Papillen der Lippen, der Zunge und anderwärts ausgehen, habe ich noch nicht mit Bestimmtheit gesehen, nur das glaube ich auch für die erstgenannten Theile aussagen zu dürfen, dass dieselben nicht in den Axenkörpern enden, sondern an denselben entweder nur vorbeigehen oder sie umspinnen. In den Lippen fand ich in einem Falle hübsche Nervenknäuel in kleinen oder an der Basis der grösseren Papillen (Fig. 14).

Suchen wir die mitgetheilten anatomischen Daten mit den Empfindungserscheinungen der Haut in Einklang zu bringen, so stossen wir auf bedeutende Schwierigkeiten. Die feinere Anatomie der Haut, wie sie jetzt vorliegt, muss sich als unfähig bekennen, in allen Papillen oder auch nur in der Mehrzahl derselben Nerven nachzuweisen, und doch ergibt das Experiment, dass, wenn auch nicht mit derselben Schärfe, doch alle Stellen der Haut empfinden. Ich hoffte *Wagner's* Behauptung von dem Mangel von Nerven in vielen Papillen experimentell in der Weise an mir prüfen zu können, dass ich mit einer feinsten englischen Nähnadel verschiedene Körpergegenden auf ihr Empfindungsvermögen untersuchte. Anfangs glaubte ich auch in der That gewisse Stellen ganz unempfindlich zu finden, während andere schon bei der leisesten Berührung Empfindung verursachten, allein eine weitere Verfolgung der Versuche ergab, dass oft eine und dieselbe Stelle bald sensibel war, bald nicht, so dass ich schliesslich zum Resultate kam, dass alle kleinsten Stellen der Haut empfinden. Da nun schon in der Hohlhand die nervenhaltenden Papillen äusserst spärlich sind und anderwärts nur sehr selten oder selbst gar nicht sich nachweisen lassen, so bleibt nichts anderes übrig, als entweder in vielen Papillen marklose Nervenröhren anzunehmen oder zu den Nervennetzen an der Basis der Papillen seine Zuflucht zu nehmen. Ich würde die letzte Erklärung unbedingt vorziehen, wenn nicht 1) auch diese Netze an vielen Orten so ungemein spärlich wären, und 2) schon die leichteste Berührung der Epidermis Sensation erzeugte, so aber glaube ich diese Frage vorläufig offen erhalten zu sollen.

E. H. Weber hat in seiner letzten ausgezeichneten Abhandlung über den Tastsinn zu beweisen gesucht, dass nur die Nervenendigungen in der Haut, nicht aber die Fasern in den Nervenstämmen, die Gefühle des Druckes, der Wärme und Kälte vermitteln und die Vermuthung ausgesprochen, dass freilich noch unbekannte mikroskopische Tastorgane in der Haut sich befinden. *R. Wagner* glaubt nun in der That in seinen sogenannten Tastkörperchen diese Organe gefunden zu haben, und spricht auch schon die Ansicht aus, dass dieselben, welche er aus übereinandergeschichteten Häuten, welche in den Zwischenräumen eine sehr kleine Quantität von Flüssigkeit enthalten, gebildet glaubt, wie elastische Kissen, wie eine mit Wasser gefüllte Blase sehr geeignet seien, Eindrücke von der Oberhaut aus an ihrer gegen dieselbe gerichteten Spitze aufzunehmen und zu den an und in ihnen liegenden Nervenenden fortzupflanzen. — Meiner Meinung nach lässt sich *Weber's* Annahme von der grösseren Sensibilität der Nervenenden in der Haut kaum bezweifeln, dagegen ist a priori kein Grund einzusehen, warum zur Vermittelung derselben besondere noch unbekannte Organe vorhanden sein sollen, warum nicht ebenso gut die schon von mir bezeichneten Momente: der mehr isolirte Verlauf der Nervenröhren in den Papillen und Endplexus, ihre Feinheit, oberflächliche Lage und die Zartheit oder der Mangel des Neurilems zur Erklärung vollkommen ausreichen. Dass *Wagner's* sogenannte Tastkörperchen, meine Axenkörper, keine solchen Tastorgane im *Weber*'schen Sinne sind, ist leicht zu zeigen. Abgesehen davon, dass *Wagner's* Angaben über ihren Bau nicht richtig sind, und dass die Nerven nicht in ihnen sich ausbreiten, sondern nur aussen an ihnen vorbeilaufen, um in manchen Fällen selbst über ihnen zu enden, finden wir, dass alle wesentlichen Functionen der Haut auch ohne solche Körperchen zu Stande kommen. Die Empfindungen von Wärme und Kälte, der Wollust, des Kitzels, des Druckes, des Stechens, Brennens, Schmerzes finden sich zum Theil an der ganzen Haut, zum Theil an Orten, wo solche Körperchen durchaus fehlen, was zur Genüge zeigt, dass dieselben nicht im Entferntesten die Bedeutung haben, die *Wagner* ihnen zugeschrieben hat. Immerhin sind sie wohl nicht umsonst an den Stellen angebracht, an welchen das Gefühl für Druck am feinsten ist, die wir vorzüglich als Tastorgane gebrauchen, an den Fingerbeeren, der Zungenspitze, dem Lippenrande, und betrachte ich dieselben als Theile, welche vermöge ihrer Zusammensetzung vorzüglich aus derbem unreifem elastischem Gewebe den Papillenspitzen eine gewisse Festigkeit verleihen und den Nerven als eine härtere Unterlage dienen, wodurch bewirkt wird, dass ein Druck, welcher an anderen Orten noch nicht im Stande ist, die Nerven zu comprimiren, hier einwirkt. Dieselben würden somit ähnlich den

Phalanxknochen und den Nägeln nicht wesentlich und unumgänglich nothwendige Organe für die Druckempfindung und das Tasten sein, sondern nur diese Functionen zu einer grösseren Schärfe befähigen als sonst. Will man sie in diesem Sinne Tastkörperchen nennen, so habe ich nichts dagegen, nur sind dann die Phalangen und Nägel, die Fühlhaare der Thiere u. s. w. mit demselben Rechte als Tastkörper zu bezeichnen.

Bis jetzt habe ich mich rein an das Thatsächliche gehalten. Zum Schlusse möchte ich jedoch noch einige Worte an Hrn. *R. Wagner* richten, der in der neuesten Zeit sich bewogen gefunden hat, meine Einsprache gegen verschiedene seiner Behauptungen unfreundlich, nicht *gentlemanlike,* nicht zart zu nennen, und mich sogar in einem öffentlichen Blatte «ethischer Verirrungen» zu bezichtigen. Ich habe meine desfallsigen Publicationen wiederholt durchgelesen, ohne im Stande zu sein, etwas Anderes in denselben zu finden, als ein allerdings ganz entschiedenes und auch von mir so beabsichtigtes Entgegentreten gegen manche mir nicht begründet erscheinende, jedoch mit grosser Zuversicht ausgesprochene Behauptungen Hrn. *Wagner's,* und muss daher dessen Aeusserungen, als auf subjectiver Auffassung beruhend, ansehen, deren Werth ich Anderen zur Beurtheilung überlasse. Was Hrn. *Wagner's* Auftreten in der Allgemeinen Zeitung betrifft, so kann ich dagegen nicht umhin, dasselbe als nicht ganz im Einklang mit den Anforderungen zu finden, welche derselbe an Andere stellt. Wenn wissenschaftliche Fragen vor dem grossen Publikum besprochen werden sollen, so ist dies meiner Meinung nach nur in ganz allgemeiner Weise und bei vollkommen festgestellten Materien erlaubt; geschieht dies nicht, werden noch unreife Gegenstände, streitige Fragen oder gar persönliche Beziehungen vor dieses Forum gebracht, so erweckt der Vertreter derselben nicht nur kein günstiges Vorurtheil für sich, sondern schadet der Wissenschaft und sich selbst. Auf solcherlei Erörterungen werde ich jetzt so wenig wie später eingehen, dagegen bin ich stets bereit, am gehörigen Orte wissenschaftliche Fragen zu besprechen. Wenn ich hierbei manchmal bestimmter mich äussere, als ich es selbst wünsche, so geschieht dies sicherlich nicht aus einer Ueberhebung meiner selbst, von der ich mich freisprechen zu dürfen glaube, indem ich so gut wie Andere weiss, wie sehr unser Wissen Stückwerk ist, sondern nur weil ich es im Interesse der Wissenschaft für nöthig erachte, Behauptungen und Angaben, welche mir nicht stichhaltig oder nicht hinlänglich festgestellt erscheinen, mit eben der Entschiedenheit gegenüberzutreten, mit der sie ausgesprochen wurden. Dass meine Bemühungen in diesem Sinne nicht immer ohne Erfolg sind, das hat, wie ich glaube, gerade die neueste Geschichte der feineren Nervenanatomie gezeigt, und sehe ich in dieser Beziehung ruhig dem Urtheile aller

Derer entgegen, denen nichts als der Fortschritt der Wissenschaft am Herzen liegt.

Würzburg, am 26. Februar 1852.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren sind bei 350maliger Vergrösserung und nach Behandlung der Objecte mit Essigsäure gezeichnet. In allen bedeuten folgende Buchstaben dasselbe:

a. Axenkörper;
b. Nervenstämmchen zum Theil mit Neurilem;
c. Nervenendigungen;
d. Capillarschlingen.

Fig. 1—9. Papillen der Volarfläche der Hand, in specie der Fingerbeeren mit Axenkörpern und Nerven.

Fig. 1. 2. 3. 4. Einfache Papillen ohne Capillaren mit zwei in verschiedenen Höhen schlingenförmig verbundenen Nervenröhren.

Fig. 5. Ebenso mit vier Nervenröhren, die zwei Schlingen bilden.

Fig. 6. Einfache Papillen mit zwei Nervenröhren, die den Axenkörper spiralförmig umgeben, ohne eine sichtbare Schlinge zu bilden, und einer Capillarschlinge, deren Kerne hier gezeichnet sind.

Fig. 7. 8. 9. Zusammengesetzte Papillen mit einem oder zwei Axenkörpern und dazu gehörenden je zwei Nervenröhren, die in 7 ziemlich hoch heraufgehen, ohne zusammenzuhängen, in 8 verbunden sind, in 9 nur bis an die unteren Theile der Axenkörper sich verfolgen liessen. 7. 8 haben in besonderen Spitzen je eine Capillarschlinge, 9 ebenso, ausserdem noch zwei solche in den Spitzen, die die Axenkörper tragen.

Fig. 10. Papille vom Rücken eines ersten Fingergliedes mit Capillarschlinge, Axenkörper und zwei Nervenröhren.

Fig. 11—14. Papillen vom rothen Lippenrande.

Fig. 11. Papille mit einem kleinen Axenkörper in der Spitze, zwei Nervenröhren, deren Ende nicht sichtbar ist, und Capillaren.

Fig. 12. Papille mit zwei kleinen Axenkörpern in zwei hervorragenden Spitzen. Zu dem einen liess sich nur ein Nervenröhrchen auffinden. Capillaren nicht sichtbar.

Fig. 13. Papille mit zwei gefässhaltigen Spitzen. Axenkörperchen in der Mitte zwischen beiden.

Fig. 14. Papille mit Capillarschlinge und vier Nerven, die mehr in ihrer Basis einen Nervenknäuel *e* (ohne Axenkörperchen) bilden.

Fig. 15—17. Papillen von der Fusssohle.

Fig. 15. Papillenspitze ohne sichtbare Nerven. Die Rinde derselben zeigt longitudinale feine elastische Fasern, die Axe, die die nicht sichtbare Capillarschlinge enthält, ist von queren feinen elastischen Fasern umgürtet, die an der Spitze minder entwickelt sind und eine Andeutung eines Axenkörperchens darstellen.

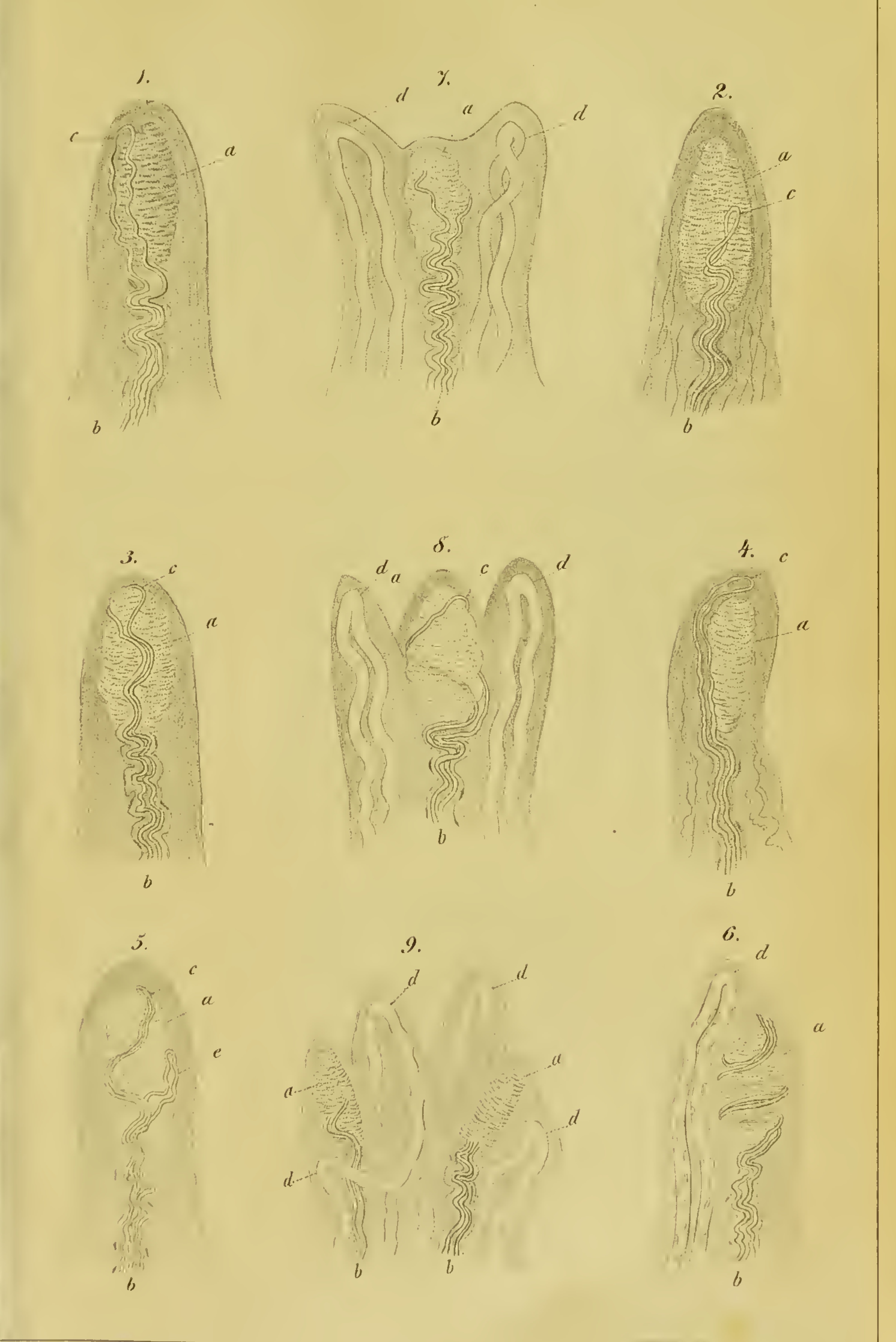
Fig. 16. Eben solche Papille mit deutlicher Capillarschlinge und ohne Spur eines Axenkörperchens. Von Nervenröhren ist nur eine sichtbar.

Fig. 17. Zusammengesetzte Papille von der Ferse mit zwei gefässhaltigen Spitzen und einem undeutlichen Axenkörperchen in der Tiefe zwischen denselben, zu dem nur ein Nerv aufzufinden war.

Fig. 18. Papilla fungiformis von der Zungenspitze. Enthält in einer leichten Erhebung der Endfläche, die von einfachen Papillen umgürtet ist, ein doppeltes kleines Axenkörperchen, zu dem mehrere Nervenröhren hintreten, ohne in ihrem endlichen Verhalten sich verfolgen zu lassen. Viele andere Nervenröhren, von denen lange nicht alle gezeichnet sind, verlieren sich in den übrigen Papillentheilen, ohne Endigungen zu zeigen. Die Gefässe, von denen eine Capillarschlinge in jeder einfachen Papille sich befindet, sind nicht gezeichnet.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Taf. I.



Lith. Anst. v. J.G. Bach, Leipzig.



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

[illegible] Gordon [illegible]
with the Authors Comp

Physiologisch-toxikologische Untersuchungen über die Wirkung des alkoholischen Extractes der Tanghinia venenifera.

Von A. KÖLLIKER und E. PELIKAN.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 12. Februar 1858.)

Der *Tanghinia* geschieht zuerst Erwähnung in Aubert Du Petit-Thouars's „*Genera Madagascariensia*" und sie wird dorten unter dem Namen *Tanghinia veneniflua* aufgeführt. Später gibt Hooker unter dem Namen *Cerbera tanghin* im *Botanical Magazine* eine vollständige Beschreibung und Abbildung derselben. Eine noch genauere Beschreibung gab Bojer in den *Botanical Miscellanies* von Dr. Hooker, Märzheft 1833; endlich findet sich dieselbe in Poiret's *Dictionnaire de botanique* unter dem Namen *Tanghinia venenifera* abgehandelt.

Die *Tanghinia venenifera* ist ein Baum der Insel Madagaskar, der bis 30 Fuss Höhe erreicht, und einen klebrigen, gelatinösen Milchsaft enthält. Seine Blätter sind ganzrandig, lanzettförmig, in der Art derjenigen von *Nerium Oleander* oder *Vinca arborea* (einer Pflanze Madagaskar's, die man in Treibhäusern zieht). Die Blüthe ist von derselben Farbe und gleicht auch im Uebrigen derjenigen der beiden genannten Pflanzen sehr, wie sie denn auch gleich diesen der Familie der *Apocyneen* angehört. Die Frucht ist eine Steinbeere *(drupa)* und zwar eine von jenen, die sich bei ihrer Reife nicht von selbst öffnen. In Gestalt und Grösse gleicht sie einer Citrone, mit glatter, gelber, hie und da roth gestreifter Oberfläche. Im Innern trägt sie einen dem des Pfirsichs ähnlichen Kern, der, ebenso wie dieser, mit Aushöhlungen und Rauhigkeiten versehen ist.

Der Umstand, dass in der *Tanghinia venenifera* der Kern der giftigste Theil der ganzen Pflanze ist, zeigt genügend die Analogie derselben mit den Strychnos-Arten, ein Genus, welches mehrere Botaniker (Rob. Brown z. B., dessen Ansicht auch Schenk theilt) den *Apocyneen* einverleiben. Einige Andere führen die *Strychneen* als Gruppe einer eigenen, den *Apocyneen* sehr nahe stehenden Familie, der *Loganiaceae*, auf.

Man bedient sich der *Tanghinia* seit langer Zeit auf Madagaskar in ähnlicher Weise, wie unsere Vorfahren die Feuer- und Wasserprobe anwandten. In den *Botanical Miscellanies* von Dr. Hooker finden sich zwei Briefe vom Jahre 1830 u. 1831 von den Missionairen J. T. Freeman und Eduard Baker an Herrn Charles Telfair gerichtet. Wir haben unsere Notizen über diesen barbarischen Gebrauch, der bis zum heutigen Tage noch fortbesteht, der *Bibliothèque universelle de Genève 1833*, T. III. entnommen (wo obengenannte Briefe sich in der Uebersetzung finden), und führen wir nur zuvor die Aussage Dr. Lacroix's (Van Hasselt, Handleiding der Vergiftleer 1852, S. 432.) an, welcher angibt, dass man im Laufe der letzten 12 Jahre auf Madagaskar, vermittelst der *Tanghinia*, 12,000 Verbrecher entdeckt habe.

„Das unter dem Namen *Tanghen*, *Tanghin* oder *Tanghena* bekannte Gift", sagt der Rev. Freeman, „wird angewandt, um solche Personen, die man der Hexerei verdächtig oder vom bösen Geist besessen hält, zu entdecken. Aber auch thatsächlichere Verbrechen, wie Diebstahl und Mord hat man dadurch zu ermitteln gesucht, und man bedient sich desselben häufig, um streitige Eigenthumsfragen zu schlichten, oder kleinere Diebereien an den Tag zu bringen. Zu diesem Zwecke gibt man das Gift den Hunden der streitenden Parteien, und derjenige, dessen Hund an dem Gifte zu Grunde geht, ist der durch's Gesetz bestimmten Strafe unterworfen. An einigen Orten wird das Urtheil vom Leben oder Tode derjenigen, die das *Tanghena* trinken, abhängig gemacht. Stirbt der Angeklagte an der ihm verabreichten Dosis, so war er sicherlich schuldig; überlebt er die Wirkung derselben, so ist dadurch seine Unschuld bewiesen." — In Emerina, wo Hr. Freeman eine Zeit lang sich aufhielt, hat er gesehen, dass das *Tanghena* nur dann beweiskräftig für die Unschuld des Angeklagten wird, wenn es als sehr kräftiges Brechmittel wirkt. Die Untersuchung wird auf folgende Weise geführt: „Der Angeklagte, nachdem er so viel gekochten Reis als irgend möglich zu sich genommen, verschlingt, ohne sie zu kauen, drei Fetzen einer Vogelhaut, jeden ungefähr von der Grösse eines Thalers. Alsdann lässt man ihn den Probetrank, der in etwas gepulverter *Tanghinianuss* mit Bananensaft besteht, nehmen. Der *Panazon doha* (derjenige, der die Verwünschung ausspricht) legt seine Hand auf den Kopf des Angeklagten und spricht die Verwünschungsformel aus, indem er alle Arten von Ungemach auf sein Haupt beschwört, für den Fall, dass er schuldig

wäre. Kurz nachher erhält der Delinquent grosse Mengen von Reiswasser. Der Erfolg dieser Behandlung ist ein copiöses Erbrechen, und findet man in dem Ausgebrochenen die drei Stücke der Vogelhaut, so gilt dies vor dem Forum des madagaskarischen Gesetzes und der Moral als ein Zeichen der Unschuld. Der Angeklagte wird frei gesprochen und Alles geht gut. Ist dies jedoch nicht der Fall, so ist er schuldig, und der Makel des Verbrechens ist unauslöschlich und haftet an ihm für alle Zeiten." „Manchmal", — fügt der Rev. Freemann bei, — „wirkt das ätzende Gift so scharf und schnell, dass der Delinquent während der Untersuchung stirbt. Hat diese Untersuchung die Schuld des Angeklagten dargethan, so erschlägt man ihn gewöhnlich mit der Keule, deren man sich bedient, um den Reis zu zerstossen und das Gehirn des unglücklichen Opfers wird auf der Stelle zerschmettert. Zuweilen strangulirt man ihn, oder man überlässt ihn unter den schrecklichsten Qualen des Giftes sich selbst, und sogar seine Familie und Freunde drehen ihm den Rücken."

Obgleich man nun aus dieser und ähnlichen Erzählungen deutlich genug ersieht, dass die *Tanghinia venenifera* ein heftig wirkendes Gift enthält, so wusste man doch bisher über die physiologischen Eigenschaften desselben nur wenig, und es lassen selbst die chemischen Analysen der Früchte derselben noch vieles zu wünschen übrig. Die Analyse der Schalen der Saamen ergab: Holzfaser und sehr wenig Harz, in der Asche derselben Kalk und Eisenoxyd; in den Steinkernen: einen weissen, krystallinischen, neutralen Stoff, den sogenannten *Tanghin-Campher* (*Tanghicin*); ein farbloses, fettes Oel; einen in Wasser und Alkohol löslichen, nicht krystallinischen, roth-braunen, bitterlichen, Lackmus röthenden Extractivstoff, der mit Säuren eine grünliche, mit Alkalien eine bräunliche Farbe annimmt (*Tanghinin*); Spuren von Gummi, viel Eiweiss (Emulsin ?), Holzfaser und in der Asche: Kalk und Eisenoxyd. (O. Henry u. Ollivier.) Man vermuthet im *Tanghicin* die irritirenden und im *Tanghinin* die narkotischen Eigenschaften, so dass man die Früchte der *Tanghinia* als ein narkotisch-reizendes Gift betrachtet. Einige reihen sie auch, nach Analogie, an die *Fabae St. Ignatii* und stellen sie daher zu den *Tetanus* verursachenden Giften. Man hält einen einzigen Steinkern im Gewichte von 1/2 Drachme bis zu 2 Scrupeln für hinreichend, 20 Menschen zu vergiften, und es wäre demnach eine Dosis von 1 1/2 bis 2 Gran schon hinreichend, bedenkliche Symptome hervorzubringen. Ollivier fand, dass eine Dosis von 12 Gran einen Hund

von mittlerer Grösse tödtete; bei der Section fand er, ausser Spuren von Phlogose in den Digestionswegen, nichts Bemerkenswerthes.

Vor Kurzem erhielt der eine von uns einige Zweige dieser Pflanze durch die Güte des Grafen Seydevitz, und obgleich die Frucht fehlte, beschlossen wir dennoch, die physiologische Wirkung des alkoholischen Extractes der Blätter und Stengel der *Tanghinia* zu untersuchen. Die Stelle dieser Pflanze in der Familie der *Apocyneen*, ihre Aehnlichkeit mit den Strychnos-Arten, die uns die heftigst-wirkenden Alkaloide, welche man kennt, das *Strychnin*, das *Brucin*, das *Curarin* liefern, all' dies berechtigte uns schon *à priori* anzunehmen, dass wir auch in dem Extracte der Blätter und Stengel eine specifische Wirkung finden würden. Die Erfahrung hat nun nach einigen Versuchen, die wir an Fröschen gemacht, unsere Voraussetzung vollkommen gerechtfertigt.

Herr Apotheker v. Hertlein d. j. dahier hatte die Freundlichkeit, die Bereitung dieses Extractes für uns zu übernehmen. Es geschah dies auf folgende Weise: 5 Grammen der zerkleinerten Blätter und Stengel wurden in einem Kochkölbchen mit 250 Grm. Alkohol von 84% übergossen und mehrere Tage digerirt; darauf das Gemenge zum Kochen erhitzt und die geistige Flüssigkeit durch Filtriren von den Pflanzentheilen getrennt. Letztere wurden mit heissem Alkohol so lange ausgewaschen, als derselbe noch gefärbt durchlief. Die vereinigten geistigen Auszüge wurden an freier Luft der Verdunstung überlassen, worauf 0,65 Grm. eines grünen, narkotisch-riechenden Extractes zurückblieben. Dieses Extract, das von sehr bitterem Geschmacke ist, löste sich schwer in Wasser. Der wässerige Auszug desselben hinterliess, bei langsamer Verdunstung über Schwefelsäure, eine syrupdicke, Lackmus röthende Flüssigkeit, aus der sich allmählich mikroskopische Krystalle (rhombische Prismen) ausschieden.

Die geringe Menge von Extract, die uns zu Gebote stand, erlaubte uns nur 21 Versuche an Fröschen zu machen. Obgleich diese Anzahl, wie wir gestehen, nicht hinreichend gross ist, um daraus endgültige Schlüsse zu ziehen, glauben wir doch, dass wir durch unsere Beobachtungen im Stande sind, nicht uninteressante Data zur Kenntniss der physiologischen Wirkungen des alkoholischen Extractes der *Tanghinia* beizubringen.

Wir haben dieses Extract, mit Wasser befeuchtet oder in etwas Alkohol von 83% aufgelöst, Fröschen innerlich gegeben, oder es denselben unter die Haut in's Zellgewebe gebracht. Im ersten Falle

musste die Dosis, um einen dem andern gleichen Effect hervorzubringen, natürlich eine beträchtlichere sein. Im Allgemeinen war eine Dose von ein 0,01 Grm. bis 0,05 Grm. hinreichend, um Intoxication hervorzubringen, — erstere, wenn dasselbe unter die Haut in das Zellgewebe gebracht wurde.

Das erste auffallende Symptom, welches wir bemerkten, war seine Wirkung auf das Herz, dessen Bewegungen es zuerst beschleunigte, wornach dieselben unregelmässig wurden und in ziemlich kurzer Zeit (in 5—15 Minuten) gänzlich aufhörten. Dabei waren weder Convulsionen noch Tetanus der Glieder zu bemerken. Nachdem die Herzthätigkeit erloschen, verschwinden mehr oder weniger schnell zuerst die willkürlichen Bewegungen (die zuweilen noch ziemlich lebhaft sind) und die Reflexe, alsdann die Reizbarkeit der motorischen Nerven und zuletzt die Muskelreizbarkeit. Diese letztere erlosch jedoch nicht so schnell, als dies nach *Upas antiar* zu geschehen pflegt. In den Fällen, in welchen zuvor das verlängerte — und das Rückenmark zerstört wurde, erschien die Wirkung auf das Herz nicht weniger schnell, dagegen trat die paralysirende Wirkung auf die Nerven und Muskeln weniger rasch ein, was ohne Zweifel einerseits im Blutverluste, der eine solche Operation nothwendig immer begleitet, andererseits in der gestörten Blutcirculation und dem daraus folgenden langsameren Hinzutreten des Giftes zu Nerven und Muskeln seine Erklärung findet. Es scheint demnach, dass dieses Gift auf das Herz und die Muskeln zu gleicher Zeit wirkt, und es wurde dies durch solche Versuche, bei denen wir zuvor den *Nervus ischiadicus* durchschnitten oder eine *Ligature en masse*, mit Ausschluss des Nerven, um das Glied anlegten, noch mehr bestätigt. Im ersten Falle, bei der Durchschneidung des Nerven, verschwinden Nerven- und Muskelreizbarkeit auf der operirten Seite ebenso, wie auf der andern Seite, selbst etwas früher; im andern Falle, bei der Massenunterbindung mit Ausschluss des Nerven, erhält sie sich auf der operirten Seite fast ebenso lang, wie bei einem nicht vergifteten Thiere, während sie auf der andern Seite rasch zu Grunde geht. Dieses Gift verhält sich daher, was das Verschwinden der Muskelreizbarkeit anbetrifft, ganz wie das *Upas antiar* und was das Erlöschen der Reizbarkeit der motorischen Nerven anlangt, wie das *Curare*, jedoch mit dem Unterschiede, dass hier die Nervenstämme primitiv afficirt werden, während das *Curare* auf die Nerven innerhalb der Muskeln wirkt. Diese Phänomene lassen sich auf

keine andere Weise erklären, als durch die unmittelbare Wirkung dieses Giftes auf die Muskeln und motorischen Nerven; nur muss man zur Erklärung des Umstandes, dass in dem Gliede mit durchschnittenem Nerven die Vergiftung etwas früher eintrat, in Berücksichtigung ziehen, dass in diesem Falle, die in Folge der Operation beschleunigte Circulation mehr Blut und somit auch mehr Gift in dieses Bein führte, als in das der andern Seite.

Es bestand auch ein merklicher Unterschied in den Ergebnissen unserer Versuche, je nachdem wir die Frösche unter einer Glasglocke in einem Zimmer, dessen Temperatur + 15 bis + 16° R., oder in einem Raume von bedeutend niedrigerer Temperatur (+ 5° bis 6° R.) untersuchten. *) Im letzteren Falle haben wir einmal gesehen, dass nicht allein die Nerven- und Muskelreizbarkeit beträchtlich länger fortbestand (mehr als 24 Stunden), sondern auch, dass das Herz, welches schon gänzlich aufgehört hatte zu schlagen, von Neuem zu pulsiren anfing, so dass wir einige Pulsationen der Vorkammer, ja sogar der Kammer beobachten konnten. Dieses Phänomen war jedoch nur während 3 Minuten zu bemerken. Obgleich nun die Muskelreizbarkeit noch lange nach dem Verschwinden der Herzthätigkeit fortbestand; so ist die Energie der Zusammenziehungen der Muskeln und insbesondere der durch dieselben hervorgebrachte Nutzeffect nicht mit demjenigen gesunder Muskeln zu vergleichen, wie eine Reihe von Versuchen mit Volkmann's Myographion lehrten. Ueber diese Verhältnisse werden wir jedoch in einem andern Artikel berichten, dessen Zweck es sein wird, die Grösse der Irritabilität der Froschmuskeln nach Vergiftungen mit *Curare* und einigen andern narkotischen Giften zu bestimmen.

Wir lassen nun die Einzelheiten einiger Versuche folgen:

1. Versuch. Einem Frosche wird 0,01 Grm. des Extractes in einigen Tropfen Alkohol aufgelöst, unter das Zellgewebe des Rückens gebracht und das Herz blossgelegt.

In 7 Minuten hört die Contraction der Kammer auf; sie strotzt von Blut.

---

*) Man darf jedoch nicht vergessen, dass die Muskeln eines amputirten Froschgliedes sehr lange ihre Reizbarkeit beibehalten, wenn man dieselben in einer niedrigeren Temperatur, z. B. von +5 bis +6° R., wie wir es gethan, aufbewahrt. Unter diesen Bedingungen konnten wir Froschmuskeln sogar 7 Tage lang und darüber vollkommen für Reize empfindlich erhalten.

In 8 Minuten die Kammer fast leer. Contraction der Vorhöfe.

In 10 Minuten ebenso.

In 13 Minuten Aufhören der Herzcontractionen. Willkürliche Bewegungen und Reflexe sehr stark.

In 42 Minuten — willkürliche Bewegungen haben aufgehört.

In 1 Stunde 15′. Die Reflexbewegungen haben auch aufgehört; die Nerven und Muskeln sind noch sehr reizbar.

In 3 Stunden 25′. Die Nerven haben ihre Reizbarkeit verloren, die Muskelreizbarkeit besteht nach derselben noch über 2 Stunden fort. (Der Frosch war im Zimmer von + 15° bis + 16° R. geblieben.)

II. Versuch (an einem grossen Frosche). Das Gehirn und Rückenmark zerstört, das Herz blossgelegt; dieselbe Menge des Extractes in alkoholischer Auflösung unter das Zellgewebe am Bauche eingespritzt.

Nach	1 Minute	zählt	man	40	Pulsationen	an der	Kammer.	
„	2′	„	„	44	„	„	„	
„	3′	„	„	44	„	„	„	
„	5′	„	„	40	„	„	„	
„	6′	„	„	39	„	„	„	
„	7′	„	„	40	„	„	„	
„	8′	„	„	36				
„	9′	„	„	34				
„	10′	„	„	21	unregelmässige Pulsationen.			
„	11′	„	„	5				
„	12′	„	„	0				
„	13′	„	„	4				
„	14′	„	„	4				
„	15′	„	„	3	in den Vorkammern.			
„	16′	„	„	5				
„	17′	„	„	2				
„	18′	„	„	0				

Der Ventrikel ist vollkommen blutleer. Die willkürlichen Bewegungen sind noch ½ Stunde vorhanden. Nach 18 Stunden sind Nerven und Muskeln noch reizbar. Nach 24 Stunden war die Reizbarkeit beträchtlich vermindert und verschwand einige Stunden nachher ganz und gar. (Der Frosch war in einer Temperatur von + 5° bis + 6° R. aufbewahrt worden.)

III. und IV. Versuch, unter denselben Umständen angestellt, gaben sehr ähnliche Resultate.

V. Versuch. Einem grossen Frosche wurde auf der rechten Seite der *plexus ischiadicus* durchgeschnitten und demselben 0,01 Gr. des Extractes unter das Zellgewebe am Rücken gebracht. Das blossgelegte Herz contrahirt sich nach 11 Minuten nicht mehr und ist blutleer. Nach 1 Stunde 55′ ist der Nerv auf der operirten Seite todt; der der nicht operirten Seite reagirt schwach auf Reize. Nach 5 Stunden 20′ die Muskeln todt. Diejenigen auf der operirten Seite schon $1/2$ Stunde vor denen der andern.

VI., VII. und VIII. Versuch, unter denselben Bedingungen angestellt, gaben gleiche Resultate, mit dem Unterschiede, dass in einem derselben das Herz nach 5 Minuten, in den beiden andern nach 7 und 8 Minuten zu schlagen aufhörte und dass bei zweien der Frösche, die einer niedrigen Temperatur ausgesetzt waren, die Nerven- und Muskelreizbarkeit länger andauerte.

IX. und X. Versuch. Die Nerven wurden gleichfalls durchschnitten, und die nicht operirten hintern Extremitäten, nach vorheriger Unterbindung der Oberschenkel derselben, entfernt und an einem kalten Orte aufbewahrt; alsdann, nachdem die Frösche vergiftet und die Herzthätigkeit aufgehört, wurden auch die operirten Glieder abgetrennt und an demselben kalten Orte aufbewahrt. Die Untersuchung dieser Glieder, $2^1/_2$ Stunden nach der Vergiftung, ergab eine beträchtliche Verminderung der Muskelreizbarkeit in den Gliedern, die nach der Vergiftung entfernt waren, im Vergleich zu denjenigen der Glieder, die vor derselben abgetrennt worden waren.

XI. und XII. Versuch. Unter denselben Umständen, jedoch ohne vorhergegangenes Durchschneiden der *Nervi ischiadici*, gaben gleiche Resultate.

XIII. und XIV. Versuch. *Ligature en masse* mit Verschonung des *N. ischiadicus.* Vergiftung durch das Zellgewebe des Rückens mit 0,02 Grm. des Extractes. Das Herz hört nach 9 bis 12 Minuten auf zu schlagen; willkürliche Bewegungen hören bald auf, die Reflexe bestehen noch ungefähr 1 Stunde 45′ fort. Die Nervenreizbarkeit existirt noch 24 Stunden auf der operirten Seite, die der Muskeln noch länger, während sie auf der nicht unterbundenen Seite schon

nach $8^{1}/_{2}$ Stunden aufhört, um welche Zeit die Muskeln sehr unbedeutend reizbar sind. (Die Frösche waren in einer Temperatur von + 15° bis + 16° R. gehalten worden.)

Die weiteren 7 Versuche sind solche, in welchen das *Extractum tanghiniae veneniferae* in wässeriger Auflösung (derjenigen, in welcher sich die oben angeführten Krystalle befanden) angewandt; solche, bei denen die alkoholische Lösung durch den Mund beigebracht oder in das Unterhautzellgewebe, jedoch ohne weitere Vorbereitung der Frösche eingespritzt wurde.

Alle gaben dieselben Rusultate, was das ziemlich rasche Stillstehen der Herzthätigkeit mit blutleerem Zustande der Kammer und die fortschreitende Verminderung der Nerven- und Muskelreizbarkeit betrifft. Nie haben wir irgend ein Zeichen, welches auf eine Entzündung im Speisekanale hinzeigte, gesehen. Manchmal gelang es uns, auch die *musculi gastrocnemii,* die ihre Reizbarkeit gänzlich verloren hatten, wieder zu beleben, indem wir dieselben, bei niedriger Temperatur, einige Zeit lang in eine $^{1}/_{2}$ procentige Kochsalzlösung legten. Gleiche Wiederbelebungsversuche mit dem Herzen angestellt, gelangen uns nie, obgleich wir einmal (s. oben) eine spontane Wiederherstellung der Herzthätigkeit gesehen.

Nach diesen Versuchen an Fröschen glauben wir uns zu folgenden Schlüssen über die physiologische Wirkungsweise des *Extractum alcoholicum tanghiniae veneniferae* berechtigt:

1) Das *Extractum alcoh. tanghiniae veneniferae* besitzt keine Eigenschaften, die dazu berechtigen, es unter die Klasse der tetanischen Gifte zu stellen.

2) Seine Wirkung äussert sich vorzüglich auf das Herz, dessen Thätigkeit es lähmt, einen blutleeren Zustand der Kammer hinterlassend, und zwar ebenso rasch auf das Herz eines Frosches, dessen verlängertes Mark und Rückenmark zuvor zerstört worden, als auf das eines solchen, an dem zuvor keine derartige Operation vorgenommen worden, zum Beweise, dass diese Wirkung eine directe und nicht eine bloss durch das verlängerte Mark etc. vermittelte ist.

3) In zweiter Linie paralysirt es die motorischen Nerven in der Richtung vom Centrum zur Peripherie (centrifugal).

4) In dritter Linie lähmt es die Muskeln der willkürlichen Bewegungen — und wir betrachten es demgemäss:

5) Als ein specifisches Gift für das Herz und die Muskeln, in der Art jedoch, dass es die Muskeln weniger rasch lähmt, als *Upas*

antiar, Veratrin und Schwefelcyankalium, in Bezug auf die Herzlähmung dagegen, dem *Antiar* fast gleich steht und die andern beiden Gifte bedeutend übertrifft.

Nachtrag.

Wir lassen hier die mikroskopische Untersuchung der Stengel und Blätter der *Tanghinia venenifera*, die wir der Güte des Herrn Professor Schenk verdanken, folgen:

„Die von mir untersuchten Theile gehören den einjährigen Trieben an."

„1) Der Querschnitt des jährigen Zweiges zeigte nach Aussen die Epidermiszellen, unter welchen sogleich die Colenchymzellen der äusseren Rindenschichte, mit Ausnahme jener Stellen, an welchen eine partielle Borkenbildung aufgetreten, liegen. In diesem Falle befinden sich unter den Epidermiszellen zwei Reihen Borkenzellen, und dann erst folgen die Colenchymzellen. Die Aussenwand der Epidermiszellen ist durch sogenannte Cuticularschichten ziemlich stark verdickt, die Cuticula dagegen sehr wenig entwickelt. Die Colenchymzellen weichen in ihrem Verhalten von den gewöhnlichen Verhältnissen nicht ab. Sie enthalten in der getrockneten Pflanze einen braunen harzartigen Inhalt, ohne Zweifel verändertes Chlorophyll. In dieser Schichte liegen dann noch grosse Zellen mit Krystallen von oxalsaurem Kalk und ausserdem Milchsaft führende Zellen, welche theils unmittelbar unter der Epidermis, theils in dem übrigen Gewebe der äusseren Rindenschichte zerstreut liegen; nebst diesen noch Harz enthaltende Zellen. Auf diese folgt die Bastschichte, sie besteht aus rundlichen Gruppen dickwandiger, querlänglicher, etwas unregelmässiger Bastzellen; umgeben sind diese Gruppen von dem dünnwandigen Gewebe dieser Schichte, welches als Markstrahlen der Rinde, die einzelnen Gruppen sondert, und in dem auf das Cambialzellgewebe angrenzenden Theile ebenfalls Krystalle von oxalsaurem Kalk enthält. Auf das Cambialzellgewebe folgt der Holzkörper, der aus wenig verdickten, mit Kanälen versehenen, länglich viereckigen Holzzellen und zahlreichen Gefässen besteht. Da die einjährigen Zweige hohl sind, so sind vom Markzellgewebe nur einzelne Partieen vorhanden, in welchen sich eben-

falls grosse Zellen mit Krystallen und jene schon bei der äusseren Rindenschichte erwähnten Milchzellen finden."

„2) Die Untersuchung von Längsschnitten, namentlich nach Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure, ergibt, dass die Milchsaftzellen der Colenchymschichte der Rinde kugelig, die Bastzellen sehr lang, aber unverästelt sind. Aether löst den braunen Inhalt, so wie den Milchsaft, vollständig auf. Jod und Schwefelsäure färbt sämmtliches Zellgewebe der Rinde blau, nur die sogenannte Intercellularsubstanz tritt in zarten, netzförmig verbundenen Linien braungefärbt hervor."

„3) In dem die Gefässbündel des Blattes und des Blattstieles begleitendem Zellgewebe, finden sich ebenfalls Milchsaft und Harz enthaltende Zellen."

(Separat-Abdruck aus den Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft in Würzburg.)

(Prof. [illegible]
from A. Koli[illegible]

with best regards of [illegible]

(Separat-Abdruck aus den Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft in Würzburg.)

Untersuchungen über die Einwirkung einiger Gifte auf die Leistungsfähigkeit der Muskeln.

Von C. PELIKAN und A. KÖLLIKER.

Mitgetheilt durch A. Kölliker. *)

(In den Hauptresultaten vorgelegt in den Sitzungen vom 12. und 27. Febr. 1858.)

Es möchte jetzt wohl allgemein anerkannt sein, dass das Studium der Gifte nicht blos für den Toxikologen und Praktiker, sondern auch für den, der sich mit der Erforschung der normalen Lebensvorgänge befasst, von der grössten Wichtigkeit ist, und braucht man in der That nur die Namen Strychnin, Opium, Blausäure, Aether und Verwandte, Veratrin, Antiar und Urari zu nennen, um Jedem eine Reihe der interessantesten physiologischen Errungenschaften ins Gedächtniss zu rufen. Vor Allem hat in der neuesten Zeit das *Urari (Woorara, Curare)* die Blicke auf sich gezogen und mit Recht, denn es haben, aller Wahrscheinlichkeit nach, die von dem einen von uns mit diesem Gifte angestellten Versuche, die alte, wichtige und so vielfach hin und her besprochene Frage von der Haller'schen Irritabilität der Muskeln ihrer Lösung näher gebracht als sie jemals gewesen ist. Wenn nun aber das *Urari* in der That, wie Kölliker angegeben hat und wie seither auch die Versuche von Pelikan, **) v. Wittich, ***) Rosenthal †) und Heidenhain ††) bestätigt haben, die Nerven in den Muskeln tödtet, die Muskeln selbst dagegen reizbar lässt, so wird es von der grössten

---

*) Vorliegende, im Winter 18$^{57}/_{58}$ von Hrn. Pelikan und mir gemeinschaftlich ausgeführte Untersuchungen wurden zwar, mit Ausnahme des grössern Theiles der Tabellen, wegen der im März erfolgten Abreise des Herrn Pelikan von mir allein ausgearbeitet, doch kann alles Wesentliche als der Ausdruck unserer beider Ansichten angesehen werden. Dagegen bin ich nicht gerade gemeint meinen Collegen für Alles und Jedes mit verantwortlich machen zu wollen. *A. K.*

**) Virchow's Archiv. XI.

***) Experim. q. de Halleri doctr. de irrit. prob. inst. Regiom. 1857.

†) Moleschott's Untersuchungen. Bd. III.

††) Archiv für phys. Heilkunde 1857, pag. 443.

Wichtigkeit, das Verhalten solcher vergifteten Muskeln genauer zu untersuchen, denn einmal geben dieselben dem Physiologen ein erwünschtes und bisher noch nicht dagewesenes Objekt an die Hand, um die Leistungen der vom Nerveneinflusse befreiten Muskelfasern zu prüfen und zweitens muss ein solches Studium nothwendig auch eine vortreffiiche Probe für oder gegen die Richtigkeit des aus den Kölliker'schen Versuchen gezogenen Schlusses dienen. Es ist nämlich klar, das wenn mit *Urari* vergiftete Muskeln in ihren Leistungen weit hinter denen unvergifteter zurückstehen sollten, gegen die Annahme einer vollkommenen Selbständigkeit der Muskelcontraction, bei der der Nervenreiz nur als eine der möglichen Erregungen erscheint, grosse Bedenken sich erhöben. Sollte dagegen auf der andern Seite sich zeigen lassen, das Urarimuskeln, verglichen mit gesunden, an Leistungsfähigheit und Kraft gar nichts eingebüsst haben, so würde hieraus eine neue kräftige Stütze für die Annahme sich ergeben, dass die Muskelirritabilität wirklich besteht, um so mehr, wenn vielleicht noch dargethan werden könnte, dass Urarimuskeln in einer solchen Weise von gesunden sich unterscheiden, dass daraus der Wegfall der Nerventhätigkeit in denselben sich ergibt. —

Von diesen Erwägungen geleitet, hatten wir beide, die wir ohnehin schon viele Mühe an die Untersuchung der Wirkungen des *Urari* gewendet, schon seit längerer Zeit den Vorsatz gefasst, die Muskeln vergifteter Frösche genauer zu prüfen. Den nächsten Anstoss zur wirklichen Ausführung dieses Vorsatzes gab uns dann die Arbeit von J. Rosenthal über die relative Stärke der direkten und indirekten Muskelreizung (Moleschott's Untersuch. 1857, Bd. III.), in welcher der Satz aufgestellt ist, dass mit *Urari* vergiftete Muskeln weniger reizbar sind als nicht vergiftete, und wurde nun der December, Januar und Februar 18⁵⁷/₅₈ zur Anstellung einer grossen Zahl von Versuchen verwendet, deren Resultat schon vorläufig in den Sitzungen der phys.-med. Gesellschaft vom 12. u. 27. Febr. mitgetheilt ist (Sitzungsberichte vom Jahr 18⁵⁷/₅₈ pag. XXVI). Um dieselbe Zeit, und nachdem unsere erste Untersuchung schon geschlossen war, kam uns denn auch noch die Arbeit von Heidenhain in dem im Februar 1858 ausgegebenen Doppelhefte des Archiv's für phys. Heilkunde (1857, pag. 442) zu Gesicht, in welchem das Studium der Urarimuskeln ebenfalls, jedoch von einer andern Seite, begonnen ist.

Diess veranlasste uns, auch noch die Versuche dieses Autors zu wiederholen und so entstand dann schliesslich die Reihe, die wir im Folgenden der Prüfung unserer Fachgenossen vorlegen.

I. Versuche mit Urari.

A. Ueber das Verhalten der Urarimuskeln bei Reizung derselben mit unterbrochenen Strömen von verschiedener Stärke.

J. Rosenthal hat in seiner Abhandlung einen einfachen aber sehr zweckmässigen Versuch beschrieben, durch den sich darthun lässt, dass Urarimuskeln auf die Ströme des Du-Bois'schen Inductionsapparates weniger leicht reagiren als nicht vergiftete Muskeln, und benutzt derselbe diesen Versuch, um sich gegen Bernard und den einen von uns auszusprechen, weil wir behauptet hätten, dass Urarimuskeln reizbarer seien als andere. In dieser Beziehung sei nun zuerst bemerkt, dass allerdings Bernard ganz bestimmt den Satz aufgestellt hat, dass die Reizbarkeit der Urarimuskeln nicht nur nicht vermindert, sondern sogar vergrössert sei; was dagegen Kölliker anlangt, so hat derselbe sich wohl gehütet, eine solche Behauptung auszusprechen und sich in seinen letzten Schlussfolgerungen darauf beschränkt, zu sagen (Virchow's Archiv, X. pag. 73), „dass die willkührlichen Muskeln nach *Urari* vollkommen reizbar bleiben, jedoch eine grössere Geneigtheit zu blos örtlichen Contractionen zeigen und im Allgemeinen später starr zu werden scheinen als andere.“ An einer einzigen Stelle (S. 12) erwähnt derselbe, „dass es selbst in Frage kommen könnte, ob die vergifteten Muskeln nicht reizbarer seien als sonst, indem verschiedene Reize Zuckungen von einer solchen Energie bedingen, dass dieselben bei ganz unversehrten Thieren nicht stärker gesehen werden,“ allein auch an diesem Orte ist, wie man sieht, die Existenz einer grösseren Reizbarkeit durchaus nicht als bestimmte Thatsache hingestellt, ganz abgesehen davon, dass das Wort Reizbarkeit in einem ganz andern Sinne als bei Rosenthal einzig und allein mit Bezug auf die Stärke der Contractionen gebraucht ist. Die Polemik von Rosenthal ist

daher, wohl mit Bezug auf Bernard, begründet, kann dagegen auf keinen Fall gegen Kölliker auf Berechtigung Anspruch machen.

Dies vorausgeschickt, wollen wir nun zuerst bemerken, dass wir die Rosenthal'schen Versuche ebenfalls angestellt haben und im Wesentlichen dasselbe Resultat erhielten, wie es von ihm beschrieben ist. Diese Versuche zerfallen in zwei Reihen. Bei der ersten befolgten wir genau die Methode von Rosenthal, mit dem unwesentlichen Unterschiede, dass wir das Bein, das nicht vergiftet werden sollte, nach Unterbindung des ganzen Oberschenkels vor der Vergiftung abschnitten, dann vergifteten, und 10 Minuten nachher, nach eingetretener vollständiger Wirkung des Giftes, auch das andere Bein trennten, und dann gleich beide Muskeln untersuchten.

Hierbei zeigte sich, dass bei Annäherung der äusseren Rolle des du Bois-Reymond'schen Apparates an die innere, fast beständig die vor der Vergiftung getrennten *Gastrocnemii* sich eher zusammengezogen, als die nach der Vergiftung genommenen, wobei jedoch grosse Verschiedenheiten mit Bezug auf die Reizbarkeit der beiden Muskeln beobachtet wurden, in der Art, dass in den einen Fällen die wirksamen Stellungen der 2. Induktionsrolle nur um einige Linien, in andern um Zolle und halbe Fusse von einander abstanden.

Ausserdem sahen wir in der Regel nach anhaltender ½ Stunde langer Irritation, wobei wir mit den schwächsten Strömen begannen und mit den kräftigsten endeten, dass es nicht der gesunde Muskel war, welcher sich am längsten durch den starken Strom beeinflusst zeigte, sondern der vergiftete. In andern Fällen bestand kein grosser Unterschied in der Dauer der Irritabilät und diese waren besonders solche, in denen auch von Anfang keine grosse Verschiedenheit in der Reizfähigkeit dagewesen war. Wir sind übrigens weit entfernt, die ersten Fälle zu Gunsten der Urarimuskeln zu deuten. Dieselben erklären sich, unserer Meinung nach, daraus, dass bei Versuchen nach der Rosenthal'schen Methode nothwendig die normalen Muskeln, die ja schon bei schwachen Reizen zucken, viel stärker gereizt und daher auch mehr erschöpft werden, als die anderen.

Fälle in denen die *Gastrocnemii* der vergifteten Glieder vor denen, der nicht vergifteten sich zusammengezogen, haben wir beobachtet; es kam dies jedoch meist nur dann vor, wenn wir die Irritabilitätsfähigkeit der Muskeln erst mehrere Stunden nach der Vergiftung prüften. Um den Grund dieses Umstandes zu ermitteln, prüften wir die Muskeln gesunder Frösche, indem wir immer den einen *Gastro-*

cnemius 10 Minuten vor dem andern abschnitten in verschiedenen Zeiträumen nach der Trennung der Muskeln und da zeigte sich, dass auch in diesem Falle die zuletzt abgeschnittenen Muskeln gewöhnlich reizbarer waren. Mithin scheint der Umstand, dass die vergifteten Muskeln immer etwas später abgeschnitten wurden, als die anderen hinzureichen, um ihre grössere Reizbarkeit in gewissen Fällen zu erklären.

Wir führen hier noch beispielsweise einen der zahlreichen Versuche an, die wir über die verhältnissmäsige Irritabilätät gesunder und vergifteter Muskeln nach dem Rosenthal'schen Verfahren gemacht haben.

Einem sehr kräftigen Frosche amputirten wir den Hinterschenkel nach vorhergegangener Massenligatur. Unmittelbar darauf vergifteten wir denselben durch unter die Haut gebrachtes *Urari*. Vollkommene Parese und Fehlen der Reflexe nach 6 Minuten. Beide *Gastrocnemii* werden abgetrennt und gleich auf die Bäusche gelegt. Der Kürze wegen wollen wir den gesunden *Gastrocnemius* mit *G.*, den vergifteten mit *V.* bezeichnen.

Nummer der Reizungen.	Entfernung der beiden Rollen von einander bei Eintreten der Zuckungen. G.	V.
1.	7‴	7‴
2.	6″	1″ 3‴
3.	6″	1″ 3‴
	Die Muskeln werden vertauscht.	
4.	5″ 9‴	1″ 1‴
5.	2″ 8‴	1″ 8‴
	Nun Pause von einer halben Stunde.	
6.	11‴	1″ 3‴
7.	1″ 3‴	1″ 3‴
8.	1″ 3‴	1″ 3‴ stärker
9.	1″ 4‴	1″ 4‴
10.	11‴	11‴ „
	Bei einem Versuch mit dem stärksten Strom kontrahirt sich der Urarimuskel gut, der gesunde fast nicht.	
11.	5‴	5‴
12.	0	0 besser
13.	Starker Strom sehr schwach	Starker Strom besser.

Bei einer zweiten Untersuchungsreihe wurden zugleich mit der Reizung mit verschieden starken Strömen auch die Curven der betreffenden Muskeln mit Hülfe des Volkmann'schen Myographion *) gezogen, doch können wir diesen Versuchen nicht ganz denselben Werth beimessen, wie den ersten, weil unser Apparat uns nicht ererlaubte, die Curven der beiden Muskeln zu derselben Zeit zu ziehen. Obschon wir nun die Muskeln immer möglichst schnell hintereinander ihre Contractionen aufschreiben liessen, und obschon wir uns eines Inductionsstromes bedienten, der keine erheblichen Schwankungen zuliess (Du-Bois' Schlitten durch ein Daniell'sches Element in Thätigkeit versetzt), so wollen wir doch nicht in Abrede stellen, dass in den Fällen, in denen das Resultat zu Gunsten des Urarimuskels ausfiel, der Erfolg daher rührte, dass einmal der Strom bei der Reizung der vergifteten Muskeln vielleicht etwas stärker war und zweitens diese Muskeln etwas früher (ungefähr 10′) abgetrennt worden waren als die andern. Wenn wir nichts destoweniger diese Versuche hier in Extenso mittheilen, so geschieht es einmal, weil durch die in denselben erhaltenen Curven die Art der Wirkung verschieden starker Ströme in bestimmterer Weise dargestellt wird, als bei den Experimenten von Rosenthal und zweitens weil dieselben auch sonst ein Bild über die Leistung vergifteter Muskeln gewähren.

1. Versuch (29. December 1857).

1 Tag alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung,	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	80	2½″ Entf. **)	2″	0	5,5
1′	„	1½ „	2″	0	5,66
2′	„	d. Rollen aneinandergeschoben.	2″	0	5,5
3′	„	St. Str.	2″	6	5,5
4′	„	„	2″	3,2	—

*) Ueber den von uns benutzten Apparat siehe weiter unten.

**) Die Stärke des Stromes ist durch Angabe der Entfernung der zwei Induktionsrollen von einander angegeben. St. Str. bedeutet „starker Strom", d. h. wenn die Rollen ganz übereinander geschoben waren.

II. Versuch (2. Januar 1858).

3 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	500	1 Z. Entf.	2″	0	0,25
1′	"	Die Rollen aneinander geschoben.	" "	0,2	0,25
2′	"	St. Str.		0,8	0,66
6′	100	"	"	5	5,25
7′	"	"	30″	4,25	4
$8\frac{1}{2}$′	"	"	10″	0	0
10′	10	"	2″	0,33	0,25
1 St. 13′	10	"	2″	0	0

III. Versuch (3. Januar 1858).

4 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	100	1 Z. Entf.	2″	0	5,33
1′	500	"	"	0	0,33
2′	"	St. Str.	"	1	0,66
$3\frac{1}{2}$′	100	"	30″	6,66	6,33
5′	"	"	1″	0	0
6′	10	"	2″	0,33	0,5

Anm. Nerv des nicht vergifteten Muskels reizbar.

IV. Versuch (29. December 1857.)

2 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	100	$2\frac{1}{2}$ Z. Entf.	2″	0	0
$\frac{1}{2}$′	"	1 " "	"	0	0
$1\frac{1}{2}$′	"	Die Rollen aneinander geschoben.	"	6	0
$2\frac{1}{2}$′	"	St. Str.	"	6,8	6
$3\frac{1}{2}$′	200	"	"	7	6,66
$5\frac{1}{2}$′	"	"	"	6,8	6
$7\frac{1}{2}$′	300	"	"	6,8	1,66
$9\frac{1}{2}$′	350	"	"	5,33	0,5
11′	500	"	"	2,33	—

V. Versuch (29. December 1857).

1 Tag alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm. Vergifteter.	Gesunder.
0′	90	2½ Z. Entf.	2″	0	0
1′	"	1 Z. Entf.	"	5,5	0
2′	"	Die Rollen aneinander angeschob.	"	5,5	0
4′	"	St. Str.	"	5,66	5
7′	190	"	"	2	3,8
8′	"	"	"		

VI. Versuch (30. December 1857).

1 Stunde alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	100	2½ Z. Entf.	1″	0	4,5
1′	"	1 Z. "	2″	0,8	6,5
2′	"	Die Rollen aneinander angeschob.	"	6	6,66
3½′	"	St. Str.	"	6,66	6,66
5½′	500	"	"	4	4
7′	600	"	"	1,5	2
8½′	700	"	"	0,5	—*)
10′	10	"	"	5,8	5,33
12½′	200	"	45″	5	4,66
14′	"	"	2″	0,33	0

VII. Versuch (4. Januar 1858).

4 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	100	1 Z. Entf.	3″	0	0
½′	"	Die Rollen angeschob.	"	0,33	0
1½′	"	St. Str.	"	5,66	5,66
2½′	"	"	30″	3	0,33
4′	10	"	3″	0	0

Anm. Der Nerv des nichtvergifteten reizbar.

*) Diese Curve konnte nicht gezogen werden, weil das schwere Gewicht die Verbindung der Wagschale mit dem sie tragenden Stäbchen gelöst hatte, eine Störung, die nicht schnell auszugleichen war.

VIII. Versuch (31. December 1857).

2 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	600	1 Z. Entf.	2″	0	5
1′	"	Die Rollen aneinander angeschob.	2″	0,33	5
2′	600	St. Str.	2″	5,25	3,66
3′	"	"	30″	7,8	5,5
4½′	"	"	2″	1,5	1,5
6½′	100	"	2″	7	6
8′	500	"	30″	3	2,66

IX. Versuch (31. December 1857).

2 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	600	1 Z. Entf.	2″	0	2
2′	"	Die Rollen aneinander angeschob.	"	1,5	2,33
3½′	"	St. Str.	"	3	2
5′	"	"	30″	5	3
6′	"	"	2″	0,33	0
7′	100	"	"	2,33	1,66
8′	10	"	"	2,66	2

X. Versuch (1. Januar 1858).

1 Tag alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

0′	600	1 Z. Entf.	2″	0	0
1′	"	Die Rollen aneinander angeschob.	"	2,8	1,5
2′	"	St. Str.	"	3	2
3½′	"	"	30″	3	2,2
5′	"	"	2″	0	0
6′	100	"	"	0,2	0,25
7′	10	"	2″	0,33	0,5

XI. Versuch (29. December 1857).

2 Stunden alte in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm. Vergifteter.	Gesunder.
0′	100	2½ Z. Entf.	2″	5,33	0
1′	„	1 „ „	„	—	0
2′	„	Die Rollen aneinander angeschob.	„	—	5
3′	100	St. Str.	2″	—	5,5
4′	200	„	„	5,33	5
5½′	300	„	„	4,33	1,33
7′	„	„	„	4,33	1,33
9′	500	„	„	0,66	0

XII. Versuch (4. Januar 1858).

4 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	100	1 Z. Entf.	2″	2	0
1′	„	Die Rollen aneinander angeschob.	3″	5,66	5,33
2′	„	„	20″	5,33	5,33
4′	„	„	5″	5	5,5
5½′	„	St. Str.	30″	5,33	5,66
7′	„	„	2″	0	0
8′	10	„	„	0	0

XIII. Versuch (3. Januar 1858).

2 Tage alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

0′	500	1 Z. Entf.	2″	0	0
½′	„	Die Rollen angeschob.	2″	6	4
1′	500	St. Str.	2″	7,5	5,66
2′	„	St. Str.	30″	7,66	7
3½′	„	„	2″	0,33	0
4′	100	„	2″	1,33	0,2
5′	10	„	2″	3	0,8

XIV. Versuch (1. Januar 1858.)

1 Tag alte im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	500	1 Z. Entf.	2″	0	0
1′	„	Die Rollen aneinander angeschob.	„	0	0
2′	„	St. Str.	„	0	0
3′	0	„	„	3,2	2,25
5′	100	„	4″	0,33	0
6′	50	„	„	0,33	0,2
7′	10	„	„	0,68	0,66
8′	0	„	„	0,68	0,66

XV. Versuch (2. Januar 1858).

3 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	500	1 Z. Entf.	2″	0	0
½′	„	Die Rollen aneinander angeschob.	„	0,33	0
1½′	„	St. Str.	„	0,66	0,33
3′	100	„	„	5,5	5,33
5′	„	„	30″	4,5	4,8
6½′	„	„	15″	0	0
8′	10	„	2″	0	0
9′	„	„	2″	0	0

Als Resultat aus diesen 15 Versuchen ergibt sich mithin mit Bezug auf die Reizbarkeit der beiderlei Muskeln Folgendes:

In 6 Versuchen (I, II, III, VI, VIII, IX) war die Reizbarkeit der gesunden Muskeln entschieden grösser, in dreien (X, XIII, XIV) verhielten sich beide Muskeln ungefähr gleich und in sechs andern (IV, V, VII, XI, XII, XV) neigte sich die Wagschale auf Seite der vergifteten *Gastrocnemii*, wobei jedoch zu bemerken ist, dass im XII. und XV. Versuch der Unterschied kein bedeutender war. Mithin wendet sich auch in dieser Versuchsreihe der Entscheid

eher zu Gunsten der normalen Muskeln und wollen wir in Berücksichtigung der Eingangs erwähnten Verhältnisse, sowie, 1) dass unsere erste Reihe eine vollkommene Bestätigung der Rosenthal'schen Aufstellungen ergeben hat, 2) dass im Winter nach Rosenthal die Differenzen in der Reizbarkeit der beiderlei Muskeln keine grosse ist, und 3) dass auch bei Vergleichung normaler *Gastrocnemii* eines und desselben Frosches Differenzen in der Reizbarkeit sich herausstellten, auf die Fälle, in denen die vergifteten Muskeln reizbarer waren, kein grösseres Gewicht legen.

Angenommen somit, die vergifteten Muskeln seien weniger reizbar als andere, d. h. es bedürfe etwas stärkerer inducirter Ströme, um dieselben zu Contractionen zu veranlassen, so erhebt sich die weitere Frage, ob diese Thatsache zu Ungunsten derselben auszulegen sei und eine Verminderung ihrer Leistungsfähigkeit beweise. Rosenthal scheint einer solchen Auffassung sich zuzuneigen, wenigstens geht dies aus dem ganzen Tenor seiner Polemik, die nicht blos gegen Bernard gerichtet ist, sondern auch gegen Kölliker, von dem nur die Energie der Contractionen hervorgehoben worden war, so wie auch daraus hervor, dass er keinen andern Schluss aus seinen Versuchen zieht als den, dass *Urari* die Reizbarkeit der Muskeln in der That nicht erhöhe sondern herabsetze. Es ist jedoch von vorne herein klar, dass ein normaler und ein vergifteter Muskel nicht so ohne Weiteres mit einander verglichen werden können, indem in dem einen nur die Muskelfasern, in dem andern diese und auch die Nervenendigungen wirksam sind.

Dasjenige, worauf es hier im Interesse der Irritabilitätsfrage vor Allem ankommt, ist mithin, zu wissen, ob die Reizbarkeit der Muskelfasern beider Muskeln die nämliche ist und ob nicht die gefundenen Differenzen in der Reaction gegen den elektrischen Reiz davon herrühren, dass in den einen Muskeln auch noch die Nerven wirksam sind, und da kann es denn wohl kaum zweifelhaft sein, dass der Wegfall der Nerventhätigkeit in den Urarimuskeln einen vollkommen genügenden Erklärungsgrund der beobachteten Erscheinungen abgibt. Es ist eine alte Erfahrung, dass verschiedene Reize auf die Muskeln selbst angebracht weniger leisten, als wenn man sie direct auf die Nerven derselben wirken lässt, welche Erfahrung nun auch von Rosenthal in seiner früher erwähnten Arbeit für den galvanischen Reiz experimentell genauer festgestellt worden ist, als es bisher geschehen war. Wenn dem so ist, so kann es auch nicht

auffallen, wenn ein Muskel mit leistungsfähigen Nerven auf einen schwächeren galvanischen Reiz schon antwortet, ein vergifteter dagegen mit getödteten Nerven stärkerer Ströme bedarf, um zur Contraction gebracht zu werden[1], wie es bei den Rosenthal'schen Experimenten der Fall war. Es dienen mithin die Experimente über die Reizbarkeit der Urarimuskeln einfach zur Verstärkung des von Rosenthal auch auf einem andern Wege gefundenen Satzes, dass die Nerven für den galvanischen Reiz empfänglicher sind als die Muskelfasern, und in so fern geben dieselben auch eine willkommene Unterstützung des von Kölliker aus seinen Versuchen mit *Urari* gezogenen Schlusses, indem diesen zufolge gerade ein solcher Unterschied zu erwarten stand. Dagegen verschaffen dieselben keinen Aufschluss über die Reizbarkeit der Muskelfasern selbst bei vergifteten und normalen Muskeln, welcher Aufschluss auch so lange nicht wird erhalten werden können, als es nicht gelingt, Muskeln, deren Nerven in verschiedenen andern Weisen ausser Thätigkeit gesetzt sind, mit vergifteten in Vergleichung zu ziehen. Vielleicht dass Muskeln, deren Nerven nach Eckhard's Methode durch constante aufsteigende Ströme gelähmt sind, hierzu noch am ehesten sich eignen würden, vorausgesetzt, dass bei diesen die Leistungen der Muskelfasern selbst keine Einbusse erlitten haben, worüber weitere Versuche zu entscheiden haben werden.

B. Ueber die Leistungsfähigkeit der Urarimuskeln oder den durch sie zu erzielenden Nutzeffekt.

Aus den in der Einleitung angegebenen Gründen schien es uns vor Allem wichtig, die Leistungsfähigkeit der Urarimuskeln mit derjenigen normaler zu vergleichen, und haben wir eine bedeutende Zeit an die Erforschung dieser Frage gewendet. Ausser den im Vorigen aufgeführten 15 Versuchen nämlich, die schon einen deutlichen Fingerzeig über den durch normale und vergiftete Muskeln zu erzielenden Nutzeffekt geben, haben wir noch 30 andere angestellt, die einzig und allein die Ermittlung dieses Punktes im Auge hatten. Diese Versuche, die alle mit Hülfe des Volkmann'schen Myographions, von dessen Einrichtung gleich weiter die Rede sein soll, ausgeführt wurden, zerfallen in zwei Reihen. Bei der ersten gingen wir darauf aus, die Leistungsfähigkeit der Muskeln in den

verschiedenen Zeiten nach ihrer Trennung vom Körper zu prüfen, und da war es denn nicht anders möglich, als dass der normale Muskel etwa 10 Minuten vor dem andern ausser Circulation gesetzt werden musste. Es wurde nämlich, wie bei den früheren Versuchen, vor der Vergiftung der eine Oberschenkel abgebunden und getrennt, dann vergiftet und 10 Minuten nachher, wenn das *Urari* gewirkt hatte, auch der andere gelöst. Beide Schenkel wurden dann unter einer Glasglocke in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume bald im Zimmer bei einer Temperatur von 15—16° R., bald in einem kalten Raume bei 4—6° R. kürzere oder längere Zeit aufbewahrt und dann die Curven der beiden *Gastrocnemii* hintereinander genommen. Da nun gegen diese Versuche der Einwurf gemacht werden kann, dass bei denselben die Urarimuskeln, die 10 Minuten später als die andern vom Körper getrennt wurden, von vorne herein etwas im Vortheile waren, so unternahmen wir noch eine zweite Versuchsreihe, bei welcher die Curven gleich nach Trennung der Muskeln vom Körper aufgezeichnet wurden, und zwar so, dass zuerst der normale Muskel und dann unmittelbar nachher auch der vergiftete an die Reihe kam, und glauben wir so die eben angedeutete Fehlerquelle vermieden zu haben.

Das von uns zur Darstellung der Muskelcurven angewandte Instrument war ein nach Volkmann's Angaben von Hrn. Mechanikus Leysser in Leipzig gearbeitetes Kymographion, dessen Tisch neben dem vertikalen Cylinder einen besonderen Apparat zur Befestigung und Reizung des Muskels trägt. Volkmann hat von diesem Myographion nur eine kurze Beschreibung gegeben (Sitzungsber. d. sächs. Akademie vom 18. Jan. 1856), doch ist dieselbe zum Verständnisse unserer Versuche hinreichend und fügen wir nur noch Folgendes bei. Die Befestigung des *Gastrocnemius* geschah in der Weise, dass wir den obern, kleinen eisernen Hacken des Apparates durch das mit den betreffenden Knochen rein präparirte Kniegelenk stiessen, wobei der Muskel an seinem obern Ende in seinen natürlichen Verbindungen blieb. Die Sehne wurde unterhalb ihres Faserknorpels gelöst und das untere mit dem Schreibapparate verbundene Häckchen durch den genannten Knorpel geführt, wodurch eine solche Befestigung des Muskels erzielt wurde, dass derselbe leicht 500 grm., selbst 600 und 700 grm. trug. An den Schreibapparat, der aus einem nach Volkmann 0,96 grm. schweren hölzernen, dreiseitig primatischen Stäbchen oben mit dem Häckchen für die Sehne und unten

mit einer Messingfassung für den Pinsel besteht, und der in einer geeigneten Führung sich bewegt, wurde unten noch eine Wagschale von 2,5 grm. Gewicht angehängt, die unten noch einen Hacken trug, so dass grössere und kleinere Belastungen mit Leichtigkeit aufgelegt und gewechselt werden konnten. Als Schreiber diente die natürliche Spitze eines menschlichen Barthaares, und zur Aufzeichnung der Curven berusstes feines Papier. Die Ordinaten der gezogenen Curven oder die Hubhöhen wurden möglichst genau mit einem Millimetermassstab gemessen, die Bruchtheile jedoch nur durch Schätzung bestimmt, was für unsern Zweck vollkommen hinreichend war. Zur Reizung der Muskeln diente Du-Bois' Schlitten, der durch ein Daniell'sches Element in Thätigkeit gesetzt wurde. Die mit der zweiten Spirale verbundenen Elektroden tauchten in zwei Quecksilbernäpfchen und von diesen erstreckten sich dann zwei weitere Leitungsdrähte bis zum Muskel. Der eine von diesen war wie die Elektroden ein starker isolirter Kupferdraht von $^{2}/_{3}'''$ Durchmesser, der oben an den eisernen Stab, der den Muskel trug, befestigt und mit diesem Stabe vollständig isolirt war. Der andere Leitungsdraht war ein ebensolcher Kupferdraht, doch konnte derselbe natürlich seiner Unnachgiebigkeit halber nicht direkt an das vom Muskel getragene Stäbchen befestigt werden, und so wurde dann die Verbindung durch ein $^{2}/_{3}^{mm}$ starkes Kupferdrähtchen hergestellt, welches so mit dem Häckchen des Schreibapparates, das in der Sehne steckte und dem stärkeren Kupferdraht vereinigt wurde, dass die Bewegungen des Schreibapparates nicht gehindert wurden, ausser in so fern, dass derselbe auch noch etwa das halbe Gewicht dieses Drähtchens zu tragen hatte, welches ohngefähr 0,1 grm. betrug. *) Die Reizungen wurden bei bestimmter Stellung der zweiten Spirale ohne Ausnahme durch gleichzeitiges Eintauchen der beiden Leitungsdrähte in die zwei Quecksilbernäpfchen ausgeführt. — Ueber die Einzelnheiten der Versuche sei nun noch bemerkt, dass die zusammengehörigen Muskeln immer möglichst rasch hintereinander untersucht wurden und zwar immer der nicht vergiftete Muskel zuerst. Ausserdem waren wir auch stets bemüht, die beiden Muskeln genau unter denselben Modalitäten zu prüfen, und wurde daher

*) In neuerer Zeit hat Volkmann gerade diesen Theil seines Apparates zweckmässiger eingerichtet, wie der eine von uns neulich bei ihm zu sehen Gelegenheit hatte.

immer bei beiden die nämliche Reihenfolge der Reizungen nach Stärke, Dauer und Art der Belastung eingehalten.

Nach diesen Bemerkungen wollen wir nun noch die unseren Versuchen anhaftenden Unvollkommenheiten, so weit wir dieselben übersehen, namhaft machen.

Ein erster Mangel, den wir schon bezeichnet haben, ist der, dass in der ersten Versuchsreihe von den in Vergleichung gezogenen Muskeln die vergifteten immer etwas später (10′) abgeschnitten werden mussten als die andern, wodurch möglicher Weise die Leistungen derselben etwas grösser ausfielen. Da wir jedoch in unseren Schlussfolgerungen diesen Umstand gehörig gewürdigt und in der zweiten Versuchsreihe alle Muskeln unmittelbar nach dem Ablösen derselben untersucht haben, so wird der bezeichnete Mangel als unerheblich anzusehen sein.

Zweitens waren wir, der Einrichtung unseres Myographions zufolge, nicht im Stande, die Curven der zu vergleichenden Muskeln zu gleicher Zeit aufzunehmen, so dass man daran denken könnte, ob nicht vielleicht die Stärke der Reizung derselben verschieden gewesen sei, was natürlich auch in den Leistungen der Muskeln Unterschiede hätte erzeugen müssen. Abgesehen jedoch davon, dass der von uns verwendete Apparat keine erheblichen Schwankungen zulies, so haben wir diesen Einwurf dadurch gänzlich beseitigt, dass wir bei allen diesen Versuchen nur mit starken Strömen (d. h. mit übereinandergeschobenen Rollen) experimentirten, welche Ströme auf jeden Fall das Maximum der Contraction der betreffenden Muskeln hervorriefen.

Ein dritter Umstand, der, nicht gehörig berücksichtigt, den Werth von Versuchen, wie die unserigen, sehr zu beeinträchtigen im Stande ist, liegt in den eigenthümlichen Elasticitätsverhältnissen der Muskeln. Reizt man einen wenig oder gar nicht belasteten Muskel etwas länger, d. i. fünf Secunden oder mehr, so dehnt sich derselbe nach dem Oeffnen der Kette nicht gleich wieder zu seiner früheren Länge aus, sondern bleibt mehr weniger lang in verschiedenem Grade contrahirt. Nimmt man dann von einem solchen Muskel bei der nämlichen Belastung eine zweite Curve auf, so fällt die Hubhöhe natürlich verschieden aus, je nachdem er sich vorher mehr oder weniger ausgedehnt hatte und sind daher die zweiten Reizungen bei gleicher Belastung nur dann vergleichbar, wenn man

sich vorher überzeugt hat, dass die Muskeln vor der Reizung ihre ursprünglichen Längen wieder erreicht hatten. Wir haben diess in allen Fällen gethan, in denen solche Reizungen vorkamen, doch zogen wir es vor, die Muskeln successive mit immer stärkeren Gewichten oder abwechselnd mit starken und schwachen Gewichten zu belasten, in welchen Fällen man sicher sein kann, dass die Muskeln vor der Reizung immer gehörig ausgedehnt sind. Da wir uns nun auch durch einige vorläufige Versuche unter Benützung des Kymographions davon vergewisserten, dass die Elasticitätsverhältnisse der normalen und Urarimuskeln die nämlichen sind, so glauben wir auch in dieser Beziehung alles gethan zu haben, was möglich war.

Ein vierter Punkt endlich, den wir Andern, die solche Versuche anstellen wollen, zur Berücksichtigung empfehlen, ist folgender. Reizt man einen Muskel mit einem Inductionsapparate, so erreicht die Contraction, auch wenn der Strom noch so stark ist, nicht innerhalb einer so kurzen Zeit, als man den bisherigen Untersuchungen zufolge glauben sollte, ihr Maximum, vielmehr dauert es oft relativ längere Zeit, bevor dasselbe eintritt.*) Da nun auch die Dauer der Contraction unter den nämlichen Verhältnissen nicht immer dieselbe ist, so ergiebt sich aus diesen beiden Umständen die Regel bei Versuchen wie den unserigen, in denen Muskeln mit einander verglichen werden sollen, keine zu kurzen Reizungen anzuwenden. Wir haben demnach in den Fällen, wo die Muskeln nicht längere Zeit contrahirt bleiben sollten, anfänglich immer 2 Secunden lang und später, nachdem wir uns überzeugt hatten, dass auch diese Zeit nicht immer genügt, 5 Secunden lang gereizt und so die Nachtheile vermieden, die aus momentanen Reizungen hervorgehen würden.

Zum Schlusse bemerken wir noch, dass Volkmann's Myographion, wie V. selber zugibt, einen etwelchen Mangel darin hat, dass das den Pinsel tragende Stäbchen in seiner Führung mit etwas

---

*) Wir werden vielleicht später Gelegenheit haben, über die Form der Muskelcurven zu berichten. Hier nur die Bemerkung, dass bei continuirlichen Reizungen der Muskeln vorzüglich zwei Fälle zur Beobachtung kamen. Bei stärkeren Belastungen stieg die Curve langsam aber gleichmässig an und ging, nachdem sie ihre grösste Höhe erreicht hatte, parallel der Abscisse fort. Bei geringen Belastungen dagegen trat sehr häufig der Fall ein, dass die Curve erst steil anstieg und dann längere Zeit ganz langsam noch mehr sich erhob, bis sie endlich, oft erst nach $\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{10}$ Minute, ihr Maximum erreichte.

Friction sich bewegt. Der hierdurch entstehende Nachtheil ist wegen der grossen Zugkraft der Muskeln bei geringen Belastungen, wie V. gezeigt hat, so unerheblich, dass er vernachlässigt werden kann. Anders verhält sich die Sache bei grossen Lasten, von 500—700 grm. wie wir sie auch angewendet haben, doch ist in diesem Falle der Nachtheil für beide Muskeln derselbe und kömmt daher für solche Vergleichungen, wie die unsrigen, auch nicht weiter in Betracht.

Nach diesen Erläuterungen lassen wir nun unsere Versuche tabellarisch zusammengestellt folgen:

I.

Erste Versuchsreihe mit Muskeln, von denen der vergiftete 10 Minuten später als der gesunde vom Körper getrennt wurde.

XVI. Versuch (30. December 1857).

2 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung,	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	500	St. Str.	35″	7,66	7,33
3′	„	„	20″	0,4	0,4
5′	„	„	2″	0	0
6′	100	„	2″	2,66	1,8
7′	10	„	2″	4,4	3,8

XVII. Versuch (30. December 1857).

2 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	600	St. Str.	40″	8,66	7,8
2′	„	„	10″	2,5	3
3′	„	„	2″	0,8	1
4′	100	„	2″	6,5	6,5
5½′	300	„	30″	5,5	5,5
7′	„	„	30″	2	1
8½′	„	„	2″	0,33	0,2

XVIII. Versuch (13. Januar 1858).

2 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	0	St. Str.	5″	14,66	10,4
2′	500		gespannt.*)		
3′	"	"	5″	0,5	8,5
5′	0	"	"	9,66	0,5
7′	50	"	60″	6	4,4
10′	"	"	30″	2,8	1
12′	"	"	"	1,66	0,4
14′	"	"	5″	0,66	0,33

XIX. Versuch (14. Januar 1858).

2 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	10	St. Str.	5″	12	10
1′	100		gespannt.		
3′	"	"	5″	4,66	3,5
5′	10	"	"	5,4	4,5
6′	100		gespannt.		
7′	10	"	60″	5,2	4,33
$8\frac{1}{2}$′	100		gespannt.		
10′	10	"	30″	2	1,5
11′	100		gespannt.		
$12\frac{1}{2}$′	10	"	10″	1	1

XX. Versuch (3. Januar 1858).

3 Tag alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	100	St. Str.	30″	7,33	7
$1\frac{1}{2}$′	"	"	2″	0,2	0
2′	10	"	2″	0,66	0

*) Dieser Ausdruck bedeutet hier und noch einigen andern Tabellen, dass die Muskeln eine bestimmte Zeit lang mit einem gewissen Gewichte, hier mit 500 grm., gespannt wurden.

XXI. Versuch (6. Januar 1858).

2 Tage alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln eines kleinen Frosches.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm. Vergifteter.	Gesunder.
0′	100	St. Str.	15″	5,8	5,33
½′	"	"	3″	0	0
2′	"	"	"	0	0
3′	10	"	"	0	0
9′	"	"	"	0	0

XXII. Versuch (6. Januar 1858).

2 Tag alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln eines grossen Frosches.

0′	100	St. Str.	35″	7,33	7,2
2′	"	"	3″	2,2	0,66
3′	10	"	30″	1,5	1,5
4½′	"	"	3″	2,5	0,25
12½′	"	"	2″	0,66	0

XXIII. Versuch (7. Januar 1858).

3 Tage alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

0′	100	St. Str.	5″	6	6,2
1′	"	"	5″	0,2	0
2′	10	"	5″	0,25	0,15

XXIV. Versuch (7. Januar 1858).

3 Tage alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

0′	100	St. Str.	5″	4,5	4
1′	"	"	"	0	0
2′	10	"	"	0	0

XXV. Versuch (7. Januar 1858).

3 Tage alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

0′	100	St. Str.	2″	4,66	2,8
1′	"	"	5″	0	0
2′	10	"	"	0	0,2
3′	"	"	"	—	0

XXVI. Versuch (5. Januar 1858).

1 Tag alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	100	St. Str.	60″	6,33	5,66
2′	„	„	2″	0	0
3′	10	„	„	0	0
19′	„	„	„	0	0,8

XXVII. Versuch (5. Januar 1858).

5 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	100	St. Str.	30″	6	6
2′	„	„	2″	0	0
$3\frac{1}{2}$′	10	„	2″	0	0

XXVIII. Versuch (5. Januar 1858.)

Frische Muskeln.

0′	500	St. Str.	60″	6,8	6,8
2′	„	„	2″	0	0
3′	100	„	30″	0,2	0,4
4′	„	„	2″	0	0
5′	10	„	„	0,5	1

XXIX. Versuch (7. Januar 1858).

7 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	0	St. Str.	5″	4,5	6,2
1′	100	„	„	0	0
2′	10	„	„	0	0

XXX. Versuch (7. Januar 1858.)

7 Tage alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	500	St. Str.	5″	1,6	0,33
$1\frac{1}{2}$′	0	„	„	1,8	4,66
3′	100	„	„	0	1,1
4′	0	„	„	wurde nicht untersucht.	0,2

XXXI. Versuch (7. Januar 1858).

3 Tage alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	500	St. Str.	5″	6,8	6
1′	„	„	„	1,5	0,33
2′	200	„	„	3	0,66
3′	100	„	30″	2,33	0,6
4′	„	„	5″	0,2	0
5′	0	„	„	1,2	0,55

XXXII. Versuch (7. Januar 1858).

3 Tage alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

0′	500	St. Str.	5″	6,9	5
2′	200	„	„	1,2	0,6
3′	100	„	30″	1,25	0,6
4½′	„	„	5″	0	0
6′	0	„	„	1,1	0,25

XXXIII. Versuch (12. Januar 1858).

3 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	500	St. Str.	10″	7,5	7
1′	„	„	„	4,5	5,66
2′	„	„	„	1,8	3,66
3′	„	„	„	1,2	1,8
4′	„	„	„	0,8	1
5′	„	„	5″	0,4	0,66
6′	„	„	„	0,33	0,33
7′	„	„	„	0,3	—
10′	100	„	„	4	3,8
11′	„	„	15″	3,33	2,8
13′	„	„	30″	2	1,25
14½′	„	„	5″	0,66	1,4
16′	10	„	„	2,5	1,8
17′	„	„	30″	2	1,33
18′	„	„	5″	1,25	0,66
19′	„	„	30″	1,25	0,8
20′	100	„	5″	0	0

XXXIV. Versuch (13. Januar 1858).

2 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	0	St. Str.	5″	13,8	13,8
2′	"	"	"	5,8*)	6,5
4′	100	"	"	1,8	4,8
5′	10	"	"	5,66	7,4
6′	Gespannt mit 100 Grammen.				
6½′	10	St. Str.	5″	4,6	6,66
7½′	500	"	5″	0	0
9′	0	"	5″	4,5	5,8

XXXV. Versuch (14. Januar 1858).

2 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	100	gespannt.			
1½′	0	St. Str.	5″	9,2	8,33
2½′	100	gespannt.			
3½′	0	"	5″	3,5	3,6
4½′	100	gespannt.			
5½′	0	"	60″	2,6	2,8
7′	100	gespannt.			
8½′	0	"	30″	0,66	1

Die im Vorigen aufgeführten Versuche geben schon an und für sich ein ziemlich entschiedenes Bild, doch ist es, um eine ganz sichere Basis für die Vergleichung zu haben, das Beste, für die einzelnen Fälle die Nutzeffekte zu berechnen, wobei sich denn folgende Zahlen ergeben.

*) Der Muskel war nicht ganz gespannt.

Nutzeffekt

	der Urarimuskeln,		der normalen Muskeln.
Versuch 16.	4340	—	4083
„ 17.	10175	—	9740
„ 18.	830,32	—	575,4
„ 19.	722	—	563,3
„ 20.	759,5	—	700
„ 21.	580	—	533
„ 22.	1059	—	803,5
„ 23.	622,5	—	621,5
„ 24.	450	—	400
„ 25.	466	—	282
„ 26.	633	—	574
„ 27.	600	—	600
„ 28.	3425	—	3450
„ 29.	4,5	—	6,2
„ 30.	801,8	—	190,7
„ 31.	5004,2	—	3357,5
„ 32.	3816,1	—	2860,25
„ 33.	9484	—	11025,9
„ 34.	358,9	—	646,7
„ 35.	15,96	—	15,73
Summa	44047,78		42028,68

Aus diesen Zahlen ergibt sich ein Uebergewicht der vergifteten Muskeln, die im Ganzen in 15 Versuchen einen grösseren Nutzeffekt gaben, während die normalen *Gastrocnemii* nur 4mal überwogen und einmal beide Muskeln sich gleich verhielten. Immerhin ist, wie die Totalsumme der erzielten Nutzeffekte ergibt, das Vorwiegen der Urarimuskeln nicht gerade ein sehr erhebliches und ist auf jeden Fall, unter Berücksichtigung des früher über die dieser Versuchsreihe anhaftenden Mängel Bemerkten, keine Nöthigung vorhanden, denselben eine grössere Leistungsfähigkeit zuzuschreiben als normalen Muskeln. Uns reicht es vollkommen hin, dargethan zu haben, dass die normalen Muskeln nicht mehr leisten als die vergifteten und wollen wir in dieser Beziehung noch speciell darauf aufmerksam machen, dass die Urarimuskeln auch mit Bezug auf die Dauer ihrer Leistungen nicht hinter den andern zurückstanden, denn einmal waren sie auch am Ende der jeweiligen Versuche meist besser

und zweitens leisteten auch ältere Urarimuskeln meist mehr als die andern. Letzteres anlangend so war zwar bei einem der zwei Versuche mit 7 Tage alten, in der Kälte aufbewahrten Muskeln (33) der normale Muskel im Vorzug, dagegen zeigten auf der andern Seite die solchen Muskeln in der Leistungsfähigkeit sehr entsprechenden, 2—3 Tage im Zimmer gehaltenen *Gastrocnemii* ein entschiedenes Uebergewicht zu Gunsten des *Urari* (Vers. XX—XXVII). — Endlich zeigte sich auch mit Hinsicht auf das Vermögen nach übermässigen Anstrengungen sich zu erholen oder sich zu erhalten der Erfolg eher auf Seite der vergifteten Muskeln, wie besonders die Versuche XVIII, XXI, XXVII und XXVIII beweisen.

II.

Zweite Versuchsreihe mit Muskeln, deren Curven unmittelbar nach der Trennung derselben vom Körper aufgenommen wurden.

XXXVI. Versuch (23. Januar 1858).

Frische Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	50	St. Str.	5″	9	8,66
2′	„	„	30″	2,33	2,33
3′	„	„	5″	0,4	0,4

XXXVII. Versuch (23. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	6,8	6,33
1′	„	„	30″	3	2,66
3′	„	„	5″	0,25	0
4½′	0	„	„	0,6	0,6

XXXVIII. Versuch (23. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	6,5	6,9
1′	„	„	30″	4,2	5
3′	100	„	5″	0,25	0,33
4′	0	„	„	1	3,33

XXXIX. Versuch (24. Jannar 1858).

Frische Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	50	St. Str.	5″	6,2	6,66
1′	100	"	30″	4	4
5′	0	"	5″	4,2	3,2

XL. Versuch (24. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	8,8	9
1½′	100	"	30″	8,25	8,9
3′	200	"	5″	5	7,8
5½′	500	"	"	0,33	1,8
6½′	"	"	30″	0,25	2
8′	0	"	5″	5,66	6,6

XLI. Versuch (25. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0′	100	St. Str.	5″	7	6,8
1′	200	"	30″	7	6,66
3′	500	"	5″	1	0,8
4′	0	"	"	4,5	5,7
5½′	0	"	"	4,2	—

XLII. Versuch (25. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0,	50	St. Str.	5″	8,5	7,66
1′	100	"	30″	2	3
5½′	200	"	5″	0	0
6′	0	"	"	3,2	3,33

XLIII. Versuch (25. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	8,33	7,8
1′	100	"	30″	5,5	5,33
4′	200	"	5″	0	0,4
5′	0	"	"	5,2	5,1

XLIV. Versuch (26. Januar 1858).

Frische Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	50	St. Str.	5″	9,33	8,66
$1\frac{1}{2}$′	100	„	30″	4,5	5
3′	200	„	5″	1	0
4′	0	„	„	3,5	3,66

XLV. Versuch (26. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	6,33	5,5
$1\frac{1}{2}$′	100	„	30″	5,25	3,66
3′	„	„	5″	1,8	0,2
4′	0	„	5″	4	1,25
5′	200	„	5″	0,25	—

Da bei dieser Versuchsreihe die zu vergleichenden Muskeln unter möglichst gleichen Verhältnissen zur Prüfung kamen, so legen wir auf sie ein besonderes Gewicht. Dieselbe zeigt nun auch in der That, wie *a priori* zu erwarten stand, — denn warum sollte ein Muskel nach dem Wegfall der Nerventhätigkeit in ihm mehr leisten? — dass die beiderlei Muskeln sich so gleich verhalten, als es nur immer bei solchen Versuchen sich herausstellen kann. Stellen wir nämlich auch hier die gefundenen Nutzeffekte zusammen, so zeigt sich Folgendes:

Nutzeffekt

	der Urarimuskeln.		der normalen Muskeln.
Versuch 36.	503,1	—	450
„ 37.	2560,6	—	4806,6
„ 38.	2608,7	—	2417,7
„ 39.	971,7	—	1008,1
„ 40.	628,2	—	686,3
„ 41.	1120	—	936,66
„ 42.	1075,5	—	662,25
„ 43.	561	—	631,3
„ 44.	714,2	—	736,2
„ 45.	586,5	—	569,5
Summa	11329,5		12904,61

Mithin war in 5 Fällen der eine, in 5 andern der andere Muskel besser, so jedoch, dass die Gesammtsummen der erzielten Nutzeffekte in einer solchen Weise übereinstimmen, dass man von dem Unterschiede absehen kann. —

Wir glauben somit vollkommen im Rechte zu sein, wenn wir aus allen unsern Versuchen den Satz ableiten: Die mit *Urari* vergifteten Muskeln zeigen, obschon ihre Nerven todt sind, doch bei galvanischer Reizung mit Inductionsströmen dieselbe Leistungsfähigkeit wie normale Muskeln.

C. Ueber das Verhalten der Urarimuskeln gegen constante Ströme.

In der oben citirten Arbeit hat Heidenhain (p. 465) folgenden Satz aufgestellt: „Muskeln, welche durch Curaregift von dem Einflusse der Nerven befreit worden sind, folgen nicht dem Ritter-Nobili'schen Zuckungs-Gesetze, welches die relative Stärke der Schliessungs- und Oeffnungs-Zuckung von der Stromesrichtung abhängig sein lässt. Die relative Stärke ist vielmehr von der Stromesrichtung unabhängig, insoferne als bei beiden Stromesrichtungen die Schliesszuckung über die Oeffnungszuckung überwiegt.

Heidenhain glaubte anfänglich dass dieses Zuckungsgesetz nur für vergiftete Muskeln gelte, fand dann aber bei weiterer Verfolgung dieser Angelegenheit, dass auch normale Muskeln demselben Gesetze folgen, wenn sie mit Ausschluss ihrer Nervenstämme gereizt werden (pag. 469 u. f.), sowie dass für den Fall, dass Muskeln und ihre Nervenstämme zugleich gereizt werden, das Zuckungsgesetz der Nerven gilt, wenn die Stromdichte in den Nervenfasern viel grösser ist als in den Muskelfasern und dasjenige der Muskeln, wenn die Stromdichte in den Nerven nicht grösser ist als in den Muskeln. —

Ausserdem meldet Heidenhain von den Curaremuskeln (pag. 467), dass bei Ermüdung derselben die Erregbarkeit auffallend schnell sich verliere, um allerdings nach verhältnissmässig kurzer Zeit sich in hohem Grade wieder herzustellen. So verschwanden in einem Falle bei Anwendung von 11 Elementen die Oeffnungszuckungen nach 50maliger Oeffnung und Schliessung der Kette und nach weitern 30 Unterbrechungen auch die Schliessungs-

zuckungen. Die Ruhe einer Minute genügte zur Wiederherstellung beider Zuckungen, doch erschienen die Oeffnungszuckungen nur für 20 mal und die Schliessungszuckungen nur für 50 mal. Nach zwei Minuten waren wieder beide Zuckungen erschienen, nach 20 maliger Schliessung und Oeffnung aber keine Spur derselben mehr vorhanden. Gesunde Schenkel gaben bei derselben Stromstärke mehrere hundert Zuckungen.

Es waren besonders diese letzten Angaben, welche uns zur Anstellung einiger Versuche auch nach dieser Richtung veranlassten und, kamen wir so dazu auch die Sätze Heidenhain's über das Zuckungsgesetz zu prüfen. Wir benutzten bei diesen Versuchen wieder das Volkmann'sche Myographion, das eine genauere Verfolgung der Leistungen der Muskeln (der *Gastrocnemii*) gestattet, als das blose Auge, das übrigens, wie Heidenhain mit Recht bemerkt, im allgemeinen ausreicht, um über das Vorwiegen der einen oder andern Zuckuug zu entscheiden. Die Verbindung der von uns angewendeten Daniell'schen Batterie mit dem Muskel geschah im Allgemeinen so, wie es schon oben von dem Inductionsapparate angegeben ist, nur benutzten wir hier einen Stromwender als Mittelglied zwischen den Electroden und den zum Muskel gehenden Leitungsdrähten und zweitens war die Verbindungsstelle des mit dem untern Ende des Muskels communicirenden, dünnen Kupferdrähtchen mit dem stärkeren Kupferdraht in Quecksilber eingetaucht. Wurde der Nerv allein gereizt, so wurden die starken Leitungsdrähte direkt an den den Nerven tragenden isolirten Tisch gebracht.

Von den zahlreichen Versuchen theilen wir nur die folgenden mit, welche eine hinreichende klare Anschauung gewähren. Zuvor wollen wir jedoch noch bemerken, dass bei den Reizungen der Muskeln allein sehr häufig eine befremdende Erscheinung vorkam, die nämlich, dass dieselben bei der Schliessung der Kette in eine Art *Tetanus* verfielen und längere Zeit mehr weniger contrahirt blieben. Wir hoffen später im Falle zu sein zu berichten, ob diese Erscheinung von der Inconstanz der von uns angewendeten Kette, oder von einer besondern Eigenthümlichkeit der Reaction der Muskeln auf constante Ströme abhing.

Versuch I.

A. Nervenreizung.

Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Belastung in Grammen.	Hubhöhe in Mm. der Oeffnung.	Hubhöhe in Mm. der Schliessung.
½ El. abst.*)	30″	0	5	4,4
„ „	10″	0	4,2	2,5
„ aufst.	„	0	0	2,66
6 El. abst.	„	0	4,6	2
„ aufst.	„	0	0	2,66
„ abst.	„	50	5,75	0
„ aufst.	„	50	0	2,5
„ abst.	„	0	4	0
„ aufst.	„	0	0	2,5
B. Muskel allein.				
6 El. abst.	5″	0	5	5
„ „	„	0	4	3,5
„ aufst.	„	0	4,66	2,33
„ abst.	„	50	4,8	4
„ aufst.	„	50	5,4	1,5
„ abst.	„	50	4,8	4
„ aufst.	„	50	5,5	1,66
Versuch II.				
A. Nervenreizung.				
6 El. abst.	5″	0	5,25	0
„ „	15″	50	5,8	0
„ aufst.	10″	0	0	2,6
„ „	10″	50	0	2,33
„ abst.	20″	0	5,5	0
„ „	10″	50	4,25	0
„ „	10″	0	4,4	0
Der Muskel wird mit 20 grm. gespannt und nach 5′ wieder gereizt.				
6 El. abst.	10″	0	3,8	0
„ aufst.	„	0	0	2,8

*) Abst. bedeutet absteigender Strom, aufst. aufsteigender Strom.

B. Reizung der Nerven und Muskels.

Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Belastung in Grammen.	Hubhöhe in Mm. der Oeffnung.	Hubhöhe in Mm. der Schliessung.
1 El. abst.	10″	20	5,2	3,8
„ aufst.	„	„	1,3	4,4*)
6 El. abst.	„	„	2,6	1,75
„ aufst.	„	„	2,6	0

C. Nervenzeizung.

6. El. abst.	5″	20	2,0	0
„ aufst.	5″	20	0	2,5

Versuch III.

Muskelreizung.

6 El. aufst.	5″	100	6	2,4
„ „	„	0	5,5	3,33
„ abst.	„	100	6	2,8
„ „	„	0	5	3,2
„ aufst.	„	20	5,33	3
„ abst.	„	20	5	2,6
„ aufst.	1″	0	4,5	3,4
„ „	5″	50	2,6	2,8
„ abst.	„	50	3,5	3
„ aufst.	„	20	3	3,2
„ abst.	„	20	3,33	2,6

Versuch IV.

Muskel allein.

1 El. abst.	5″	0	2	1,2
„ aufst.	„	0	3,4	0
12 El. abst.	„	0	6	0
„ aufst.	„	0	5	4,8
„ abst.	„	20	6	0
„ „	„	100	7	4

*) Blieb nach der Oeffnung etwas contrahirt.

Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Belastung in Grammen.	Hubhöhe in Mm. der Schliessung.	Hubhöhe in Mm. der Oeffnung.
12 El. abst.	5″	100	6,33	4,66
„ abst.	„	0	5,8	0
„ „	„	50	6,33	6,5
„ „	„	100	6,5	5,3
„ „	„	200	2,66	3
3 El. „	„	0	3,5	0
„ aufst.	„	0	4,8	3,8

Versuch V.

Reizung eines normalen Muskels nach abgetrenntem Nerven.

6 El. aufst.	5″	20	4,33	0
„ „	„	20	4,2	0
„ „	„	0	3,5	0
„ abst.	„	20	4,33	4,2
„ „	„	20	4	3,4
„ aufst.	„	50	4,33	0
„ aufst.	„	50	4,33	0
„ abst.	„	50	4,5	3,5
„ abst.	„	100	? *)	3
„ aufst.	„	100	4,33	0
„ „	„	20	4	0
„ abst.	„	20	3,66	3,2

Versuch VI.

Reizung beider *Gastrocnemii* eines Frosches, von denen der eine vergiftet war. Beim normalen Muskel ist der Nerv getrennt.

Vergifteter Muskel.

8 El. aufst.	5″	0	5,5	3,25
„ aufst.	„	10	6,4	3
„ aufst.	„	50	5,8	3,33
„ aufst.	„	100	5,8	3,25
„ abst.	„	0	5	4,33
„ abst.	„	10	4,66	4
„ abst.	„	50	4,2	3,4
„ abst.	„	100	2,66	2,66

*) Curve nicht gut ausgefallen.

Gesunder Muskel.

Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Belastung in Grammen.	Hubhöhe in Mm. der Schliessung.	der Oeffnung.
8 El. aufst.	5″	0	5,4	0
„ aufst.	„	100	2,5	1,4
„ aufst.	„	50	2,8	1,8
„ aufst.	„	20	3,5	2,6
„ aufst.	„	0	6,5	5,33
„ abst.	„	0	3,8	3,6
„ abst.	„	100	2,2	2
„ abst.	„	50	2,4	2,66
„ abst.	„	20	3	3,4
„ abst.	„	0	3,75	3,8

Versuch VII.

Reizung beider *Gastrocnemii* eines Frosches, von denen der eine vergiftet war. Beim normalen Muskel wird die eine Elektrode an den Nerven, die andere an die Sehne gebracht.

Vergifteter Muskel.

6 El. aufst.	5″	0	3,2	0
„ abst.	„	100	1	0
„ aufst.	„	100	0,25	0
„ abst.	„	100	0,2	0
„ „	„	0	2	0
„ aufst.	„	0	4	0
„ „	„	50	0,5	0
„ abst.	„	50	0,5	0
„ aufst.	„	20	0,5	0
„ abst.	„	20	0,8	0
„ aufst.	„	0	4	0
„ abst.	„	0	1,33	0
„ aufst.	„	0	4	0
„ abst.	„	0	1,5	0
„ aufst.	„	20	2,5	0
„ abst.	„	20	1,75	0
„ aufst.	„	20	6	0
„ abst.	„	20	2,75	1,8
„ aufst.	„	0	5,2	0
„ abst.	„	0	3	2,66

Gesunder Muskel mit dem Nerven.

Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Belastung in Grammen.	Hubhöhe in Mm. der Schliessung.	Hubhöhe in Mm. der Oeffnung.
6 El. aufst.	5″	0	4,66	2
„ abst.	„	100	2	0
„ aufst.	„	100	0	2
„ abst.	„	100	3,5	0
„ „	„	0	6	2
„ aufst.	„	0	1,25	4
„ „	10mal wiederholt.	50	1	3,5
„ abst.	10mal wiederholt.	50	3,5	0
„ aufst.	5″	20	1,33	4
„ abst.	„	20	3,75	0
„ aufst.	„	0	2	4,5
„ abst.	„	0	4	0
„ aufst.	„	20	0,8	1,5
„ abst.	„	20	1,66	0

Versuch VIII.

Derselbe Versuch wie bei VI.

Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Belastung in Grammen.	Urarimuskel. Hubhöhe der Schliessung.	Urarimuskel. Hubhöhe der Oeffnung.	Norm. Muskel. Hubhöhe der Schliessung.	Norm. Muskel. Hubhöhe der Oeffnung.
6 El. aufst.	5″	20	5	3,5	5	2,8
„ „	„	50	5	2,8	4,66	2,5
„ abst.	„	20	4,25	3	4,5	4
„ abst.	„	50	3,5	2,4	3,75	3,66
„ abst.	„	100	2,2	2	—	—

Diese Versuche geben, wie man sieht, eine vollkommene Bestätigung der oben angeführten Heidenhain'sche Sätze. Bei den Versuchen, in denen die Muskeln allein gereizt wurden, war mit wenigen Ausnahmen die Schliessungszuckung die stärkere, mochte der Strom aufsteigend oder absteigend sein. Wurde bei einem und demselben Muskel zuerst der Nerv allein und später der Muskel allein gereizt (Vers. I.) so ergab sich für den ersteren Fall das gewöhnliche Zuckungsgesetz, für den letzteren der Heidenhain'sche Satz. Das-

selbe geschah, wenn einmal der Nerv und Muskel und dann der Muskel allein in die Kette genommen wurde (Vers. VII). Wurde an demselben Muskel erst der Nerv, und dann der Nerv und Muskel gereizt, so zeigte sich für beide Fälle dasselbe Zuckungsgesetz, weil die Stromdichte im Nerven grösser war (Vers. II). Endlich zeigten Urarimuskeln und normale direkt gereizte Muskeln dasselbe Verhalten der Zuckungen.

Was den Punkt betrifft, der uns mit Bezug auf das Verhalten der Muskeln gegen constante Ströme eigentlich am meisten interessirte, nämlich die Dauer der Erregbarkeit in den vergifteten und normalen Muskeln bei längerer Reizung, so haben wir allerdings nur zwei Versuche aufzuweisen, da jedoch von diesen Versuchen jeder an den beiden *Gastrocnemii* je eines Frosches angestellt wurde, so glauben wir denselben doch mehr Beweiskraft zuschreiben zu dürfen, als dem von Heidenhain angeführten Experimente, das sich auf Muskeln verschiedener Thiere bezieht. Diese Versuche sind folgende:

Versuch IX.

Reizung der *Gastro nemii* eines Frosches, von denen der eine vergiftet war.

Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Belastung in Gramm.	Hubhöhe der Schliessungszuckung.		Hubhöhe der Oeffnungszuckung.	
			Vergifteter.	Gesunder.	Vergifteter.	Gesunder.
1 El. abst.	2″	10	1	0,33	0,5	0,33
„ „	5″	10	1,2	1	0	0,5
„ „	5″	0	1,5	1	0	0,8
„ aufst.	5″	0	2	0	0	1
13 El. abst.	5″	0	3,66	4,2	4	5
„ aufst.	5″	0	3,8	4,66	4	5,2
„ abst.	5″	50	3,4	4,66	2,5	2,66
„ aufst.	5″	50	3,66	6,75	2,66	6,4
„ abst.	5″	10	3,5	3,8	3,8	0
„ aufst.	5″	10	3,4	4,4	1,33	2,8
„ abst.	5″	100	3	4	2,8	3
„ aufst.	5″	100	4	4	3,5	(?)4,5
„ abst.	5″	20	—	4	—	2,6
„ aufst.	5″	20	—	4,66	—	3
„ abst.	5″	0	3,2	3	4,2	0
„ aufst.	5″	0	3,5	4	0	3,5

Nun 350 Reizungen schnell hintereinander, die nicht aufgezeichnet werden.

Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Belastung in Grammen.	Hubhöhe der Schliessungszuckung		Hubhöhe der Oeffnungszuckung.	
			Vergifteter.	Gesunder.	Vergifteter.	Gesunder.
13 El. abst.	5″	50	0,4	0,75	0	0
„ aufst.	5″	50	0,5	0,75	0	0,85
„ abst.	5″	100	0,33	0,33	0	0
„ aufst.	5″	100	0,33	0,25	0	0

Versuch X.

Derselbe Versuch wie IX.

6 El. aufst.	5″	20	5,5	5,4	3	2,4
„ abst.	5″	20	4,2	5,3	2	2,4
„ aufst.	5″	0	4,33	5	2,28	2,8
„ abst.	5″	0	3,2	4,6	2	2,8
„ aufst.	5″	100	5,66	3,5	0	1,4
„ abst.	5″	100	3,66	2,66	1,8	2

Nun 400 Reizungen mit Abwechslung der Richtung, dann 1′ Ruhe.

6 El. aufst.	5″	20	1,6	2,4	0	0
„ abst.	5″	20	1,6	2	1,4	1,9

Nun 100 Reizungen mit Abwechslung der Richtung, dann 2′ Ruhe.

6 El. aufst.	5″	20	1,5	1,8	0	0
„ abst.	5″	20	1,5	1,8	0	1,5

Wieder 100 Reizungen mit Abwechslung der Richtung, dann 2′ Ruhe.

6 El. aufst.	5″	50	0,8	0,5	0	0
„ abst.	5″	50	1	0,5	0	0,5

Aus diesen beiden Versuchen geht eine grosse Uebereinstimmung vergifteter und nicht vergifteter Muskeln auch in Bezug auf die Dauer der Reizbarkeit hervor und glauben wir daher wenigstens für einmal im Rechte zu sein, wenn wir den von Heidenhain gemeldeten Versuch als nicht beweisend erklären.

II. Versuche mit Upas antiar, Veratrin, und Tanghinia.

Nachdem wir gefunden hatten, dass das nervenlähmende *Urari* die Leistungsfähigkeit der Muskeln nicht im Geringsten herabsetzt oder ändert, so erschien es uns von Interesse auch die Einwirkung einiger der Gifte mit dem Myographion zu prüfen, die, wie schon früher*) von uns nachgewiesen worden war, eine Lähmung der Muskeln und des Herzens verursachen, indem wir hoffen durften, in dieser Weise die Einwirkung derselben in viel bestimmterer Weise zu demonstriren, als es bei den bisherigen Experimenten geschehen war, und so eine noch kräftigere Stütze für den von dem einen von uns ausgesprochenen Satz zu erhalten, dass es Gifte gibt, die specifisch auf die Nerven und andere, die vor allem auf die Muskeln wirken. Der Erfolg rechtfertigte unsere Erwartungen vollkommen, wie aus den im Folgenden mitgetheilten Versuchen deutlich hervorgeht, die alle nach derselben Methode angestellt wurden, wie die entsprechenden Urariexperimente.

A. Versuche mit Upas antiar.

Diese Versuche zerfallen in zwei Reihen. Bei der ersten wurden Frösche nach vorheriger Trennung eines Oberschenkels durch eine Hautwunde vergiftet, und nachdem das Herz zum Stillstand gelangt war, 10–20′ nach der Vergiftung auch der andere Schenkel abgeschnitten. Beide *Gastrocnemii*, von denen der später abgeschnittene Vergiftete somit eher im Vortheile war, wurden dann theils gleich, theils nach kürzerer oder längerer Aufbewahrung in einem mit Wasserdampf gesättigten Raume auf ihre Leistungsfähigkeit untersucht. Bei einer zweiten kleinen Zahl von Experimenten wurden die *Gastrocnemii* der eine in Upaslösung und der andere in eine unschädliche Flüssigkeit gelegt und dann ihre Curven aufgenommen.

---

*) Siehe Kölliker über *Veratrin* in Virchow's Archiv X. und über *Antiar* in den Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft in Würzburg 1857; Pelikan über *Antiar* in Comptes rend. 1857 und Kölliker und Pelikan über *Tanghinia* in Würzb. Verhandlungen 1858.

1) Leistungen der Muskeln bei innerer Anwendung des Antiar.

I. Versuch (26. Januar 1858).

Frische Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	50	St. Str.	5″	5	6,5
1½′	100	„	30″	1	4,66
3′	„	„	5″	0	0,9
4′	0	„	5″	0,2	3
5′	0	„	5″	0	—

II. Versuch (26. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	8,5	8
1½′	100	„	30″	4,2	6,33
3′	100	„	5″	0,33	2,8
4′	0	„	„	1,5	5

III. Versuch (27. Januar 1858.)

1¾ Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	0,33	6,66
1′	100	„	30″	0	4,5
3′	„	„	5″	0	0,9
4′	0	„	„	0	2,5

IV. Versuch (27. Januar 1858.)

1¾ Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	0	St. Str.	5″	2,66	10,8
1′	50	„	30″	0	2
3′	0	„	5″	0	0,75

V. Versuch (20. Februar 1858).

1 Stunde alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	5,5	7,75
1½′	100	„	30″	0,25	6,2
2½′	„	„	5″	0	2,4
3½′	0	„	„	0,66	3,8

VI. Versuch (20. Februar 1858).

1½ Stunden alte, im Zimmer aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	50	St. Str.	5″	4,33	5,8
1½′	100	„	30″	0,2	4,4
2½′	100	„	5″	0	0,33
3½′	0	„	„	0,66	1,75

VII. Versuch (23. Februar 1858).

½ Stunde alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	5,8	6,5
1½′	100	„	30″	0,6	1,5
3′	„	„	5″	0	0
4′	0	„	„	1	1,8

VIII. Versuch (23. Februar 1858).

1 Stunde alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	5,8	7
1½′	100	„	30″	1	2,4
2½′	„	„	5″	0	0,25
3½′	0	„	„	1,2	1,6

IX. Versuch (24. Februar 1858).

2 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	5	7
1½′	100	„	30″	0,8	6,6
3′	„	„	5″	0	3,2
4′	0	„	„	1,4	4,6

X. Versuch (25. Februar 1858).

3 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	6,2	8,6
1½′	100	„	30″	2,75	3,5
2½′	„	„	5″	0,33	0,33
3½′	0	„	„	1,25	1,25

2) Leistungsfähigkeit der Muskeln bei äusserer Anwendung des Antiar.

XI. Versuch (2. Januar 1858).

2¼ Stunden alte Muskeln, von denen der Eine in $1^0/_0$ Kochsalzlösung lag, der Andere in 30 Ccm. einer $\frac{1}{2}^0/_0$ Kochsalzlösung und 2,5 Ccm. Upaslösung, die 0,032 Grm. trockenen Rückstand enthält. Temperatur der Lösungen 11,5⁰ R.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	100	St. Str.	2″	1,8	6,75
1′	"	"	60″	3,2	7
3′	"	"	2″	0	4,75
4′	"	"	30″	—	5
5′	"	"	2″	—	1,25
3. Januar nach 19 St. 0′	10	"	"	0	0,33
2′	50	"	"	—	0,25

XII. Versuch (2. Januar 1858).

3 Stunden alte, ebenso wie im vorigen Versuche behandelte Muskeln.

0′	100	St. Str.	2″	2	5,2
1′	"	"	30″	4,66	5,75
2½′	"	"	"	0	4,66
4½′	"	"	2″	0	0,33
5½′	10	"	"	0,2	1,25
3 Januar nach 18 St. 0′	50	"	"	0	2,4
1′	100	"	"	—	2,2

XIII. Versuch (5. Januar 1858).

22 Stunden alte, in denselben Lösungen wie beim Versuch XI liegende Muskeln. Temperatur der Lösungen 6⁰ R.

0′	500	St. Str.	2″	0	1,33
1′	100	"	"	0,2	6
3′	"	"	30″	0,2	5,33
4′	"	"	2″	—	2
5′	10	"	30″	1,2	3,4
6′	"	"	2″	0,33	1,2
6. Januar nach 23 St. 0′	50	"	"	0	1,8
1′	100	"	"	—	0,66

B. Versuche mit Veratrin.

XIV. Versuch (27. Januar 1858).

3 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung,	Hubhöhe in Mm. Vergifteter.	Gesunder.
0′	20	St. Str.	1″	4,2	6,4
1′	50	„	30″	4,8	6,8
3′	0	„	1″	0,75	4,8
4′	100	„	5″	0	1,8

XV. Versuch (27. Januar 1858).

4 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	0	St. Str.	5″	2,5	6
1′	50	„	30″	0	2,4
3′	0	„	5″	0	1,2

XVI. Versuch (27. Januar 1858).

4½ Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

0′	20	St. Str.	1″	0	4,5
1′	50	„	30″	0	6,2
3′	100	„	1″	0	0,1
4′	0	„	„	0	2

C. Versuche mit Tanghinia venenifera.

XVII. Versuch (28. Januar 1858).

Frische Muskeln.

0′	50	St. Str.	5″	9	7,33
1′	100	„	30″	4,8	6,66
4′	200	„	5″	0	2,66
5′	0	„	„	3,33	5

XVIII. Versuch (*28. Januar 1858*).

4 Stunden alte, in der Kälte aufbewahrte Muskeln.

Zeit des Versuches.	Belastung in Grammen.	Art der Reizung.	Dauer der Reizung.	Hubhöhe in Mm.	
				Vergifteter.	Gesunder.
0′	20	St. Str.	5″	3,2	6,2
1′	100	„	30″	1,1	5
4′	„	„	5″	0,25	3,66
5′	200	„	5″	0	0,8
6′	„	„	5″	1,5	4,33

Die Resultate aus allen diesen Versuchen sind so klar, dass wir nur auf die beim *Antiar* mit Entschiedenheit hervorgetretene lokale Wirkung aufmerksam machen wollen. — Es bestätigen übrigens auch diese Versuche das von dem einen von uns für das *Veratrin* bereits demonstrirte.

Wir schliessen diese Darstellung mit der Bemerkung, dass wir wohl fühlen, dass Versuche, wie die hier mitgetheilten, noch weiterer Ausdehnung und Vervollkommnung fähig sind. Immerhin hoffen wir durch den bestimmten Nachweis der Leistungsfähigkeit der mit *Urari* vergifteten Muskeln auf der einen, und des raschen Sinkens der Muskelkräfte bei Anwendung von Muskelgiften auf der andern Seite, einen nicht unwichtigen Beitrag zur Kenntniss der Lebensvorgänge der Muskeln gegeben, und hierdurch auch die wichtige Lehre von der Irritabilität ihrer Lösung näher gebracht zu haben.

DRUCK VON J. M. RICHTER IN WÜRZBURG.

Ueber

verschiedene Typen

in der

mikroskopischen Structur

des

Skelettes der Knochenfische.

Von

A. Kölliker.



Abgedruckt aus dem IX. Bde. der Verhandlungen der Würzburger phys.-med. Gesellschaft.

Würzburg.

Verlag der Stahel'schen Buch- und Kunsthandlung.

1859.

Ueber verschiedene Typen in der mikroskopischen Structur des Skelettes der Knochenfische.

Von A. KÖLLIKER.

(In den Hauptresultaten vorgetragen in der Sitzung vom 18. December 1858.)

Nach Beendigung einer längeren Untersuchungsreihe über die mikroskopische Structur des Skelettes der Fische theile ich hiermit die gefundenen Ergebnisse in Kürze mit.

Die wesentlichste Thatsache, die ich zu erwähnen habe, ist die, dass eine grosse Anzahl von Knochenfischen in ihrem Skelette keine Spur von Knochenkörperchen besitzt, und somit des ächten Knochengewebes ganz ermangelt. Dasjenige, was bei diesen Fischen Knochen genannt worden ist, ist nichts als eine homogene oder faserige, sehr häufig von dentinartigen Röhrchen durchzogene osteoide Substanz, die selbst zu wirklichem Zahnbein werden kann. — Dass es, abgesehen von den Selachiern, Fischknochen ohne Knochenzellen gibt, ist eine Thatsache, die ohne Zweifel allen denen längst bekannt ist, die wie Owen, Quekett, Tomes, Williamson u. A. im Besitz grösserer mikroskopischer Sammlungen der Hartgebilde höherer Thiere sind, doch scheint ausser mir, Mettenheimer und Quekett noch Niemand öffentlich auf dieselbe aufmerksam gemacht zu haben. Im Jahre 1853 machte ich bekannt (Zeitschrift für wiss. Zool. IV. pag. 36), dass die Knochen von *Leptocephalus* und *Helmichthys* keine Spur von Knochenkörperchen enthalten, was ein Jahr später auch von Mettenheimer für *Tetragonurus* nachgewiesen wurde (Anatom.-histol. Unters. ü. d. *Tetr. Cuvieri* in den Abhandl. d. Senkenb. Gesellsch. I. pag. 241—243), während 1855 Queckett im II. Bande des *Histological Catalogue of the College of surgeons of England* eine grössere Zahl von Fischen, nämlich die Gattungen: *Vogmarus, Lophius, Gadus, Ephippus, Sparus, Trigla, Belone, Pleuronectes, Trachinus, Orthagoriscus, Exocoetus, Scarus, Esox, Sphyraena, Tetrapturus, Zeus, Perca, Gobio,* als solche namhaft machte, in deren Knochen keine Zellen zu sehen seien. Trotz dieser letztern, sehr werthvollen Beobachtungen geschah jedoch weder von Quekett noch von

einem andern in dieser Angelegenheit ein Fortschritt in einer mehr allgemeinen Richtung, wie am besten daraus hervorgeht, dass Leydig in seiner Histologie des Menschen und der Thiere im Jahre 1858 nur die Leptocephaliden, den *Tetragonurus* und ausserdem noch den *Orthagoriscus* als Fische aufführt, deren Knochen der strahligen Zellen entbehren. Was nun mich betrifft, so muss ich sagen, dass fast von dem ersten Augenblicke an, als ich im Monate October eine grössere Untersuchungsreihe der Fischknochen begann, die Thatsache mir aufstiess, dass die Gattungen, die wahres Knochengewebe besitzen, eher spärlich sind, wogegen im Verlaufe der Beobachtungen sich immer mehr herausstellte, dass sehr viele Familien in ihrem Skelette mehr nur ein einfaches osteoides Gewebe enthalten. Und da diese Thatsachen nicht bloss mit Bezug auf die Entwicklung der Fischknochen von Interesse erschienen, sondern auch für die systematische Zoologie und die Erkenntniss der fossilen Gattungen von Bedeutung zu werden versprachen, so wandte ich während dieses Winters alle meine freie Zeit an die weitere Untersuchung dieser Verhältnisse. Jetzt, wo ich 289 Arten aus fast allen Abtheilungen untersucht und an die 800 mikroskopische Präparate von deren Hartgebilden angefertigt und aufbewahrt habe, hoffe ich im Stande zu sein, diese Frage von einem allgemeinen Gesichtspunkte aus darzustellen und zwar in einer solchen Weise, dass schliesslich einige nicht unwichtige Ergebnisse dabei zu Tage treten.

Ich beginne die Mittheilung der von mir beobachteten Einzelnheiten mit einer Aufzählung der Fische, welche zu der einen und andern Gruppe gehören.

I. Fische, deren Knochen keine Knochenzellen, nur osteoides Gewebe oder Dentine enthalten.

Ordo I. Acanthopteri.

Fam. I. Percoidei.

Perca fluviatilis.
Apogon rex mullorum.
Pomatomus telescopium.
Lucioperca sandra.
Serranus cabrilla.
Anthias buphthalmus.
Centrarchus sparoides.
Acerina vulgaris.
Priacanthus macrophthalmus.
Therapon servus.
Trachinus vipera.
Trachinus draco.
Uranoscopus scaber.
Pomotis gibbosus.
Polynemus paradiseus.
Sphyraena spec.

Sphyraena barracuda.
Mullus barbatus.

Fam. 2. Cataphracti.

Trigla cuculus.
Trigla lyra.
Prionotus carolinus.
Platycephalus insidiator.
Dactyloptera volitans.
Cottus gobio.
Aspidophorus europaeus.
Monocentris japonicus.
Gasterosteus trachurus.

Fam. 3. Sparoidei.

Sargus annularis.
Sargus ovis.
Chrysophris aurata.
Pagrus vulgaris.
Pagellus centrodontus.
Boops salpa.
Boops vulgaris.
Dentex vulgaris.
Smaris vulgaris.
Smaris insidiator.
Gerres Plumieri.

Fam. 4. Sciaenoidei.

Corvina nigra.
Corvina lobata.
Micropogon undulatus.
Otolithus regalis.
Haemulon formosum.
Pristipoma stridens.

Fam. 5. Labyrinthiformes.

Anabas scandens.
Helostoma Temminkii.
Ophicephalus striatus.
Trichopus trichopterus.
Polyacanthus Hasseltii.
Spirobranchus capensis.

Fam. 6. Mugiloidei.

Mugil cephalus.
Mugil spec.

Atherina Humboldtii.
Atherina vulgaris.
Atherina macrophthalma.

Fam. 7. Notacanthini.

Mastacemblus pancalus.

Fam. 8. Scomberoidei.

Scomber scomber.
Xiphias gladius.
Tetrapturus belone.
Naucrates ductor.
Seriola spec.
Chorinemus saltans.
Caranx trachurus.
Caranx carangus.
Lampugus pelagicus.
Lampugus siculus.
Centrolophus pompilus.
Lichia glauca.
Equula insidiatrix.
Argyreiosus vomer.
Vomer Brownii.
Zeus faber.
Capros aper.
Coryphaena hippurus.
Astrodermus guttatus.
Tetragonurus Cuvieri.

Fam. 9. Squamipennes.

Scatophagus argus.
Holacanthus spec.
Toxotes jaculator.
Ephippus faber.

Fam. 10. Taenioidei.

Lepidopus argyreus.
Trichiurus haumela.
Trachypterus taenia.
Trachypterus repandus Costa.
Trachypterus Spinolae.
Cepola rubescens.

Fam. 11. Gobioidei et Cyclopteri.

Gobius capito.
Gobius cruentatus.
Gobius longiradiatus Risso.

Amblyopus hermannianus.
Eleotris humeralis.
Tripanchen vagina.
Anarrhichas lupus.
Lepadogaster Gouanii.
Echeneis remora.

Fam. 12. Blennioidei.

Blennius gattorugine.
Blennius Montagui.
Blennius galerita.
Clinus argenteus.
Salarias quadricornis.
Cristiceps spec.
Callionymus lacerta.

Fam. 13. Pedunculati.

Lophius piscatorius.
Chironectes histrio.
Malthe vespertilio.
Batrachus tau.

Fam. 14. Theutyes.

Naseus longicornis.
Acanthurus nigricans.
Amphacanthus javus.

Fam. 15. Fistulares.

Fistularia tabacaria.
Fistularia immaculata.
Centriscus scolopax.
Amphisile scutata.
Aulostoma sinense.

Ordo II. Anacanthini.

Fam. 1. Gadoidei.

Gadus aeglifinus.
Gadus morrhua.
Lota vulgaris.
Motella tricirrata.
Lepidoleprus trachyrhynchus.

Fam. 2. Pleuronectides.

Rhombus maximus.
Rhombus podas.
Platessa flesus.
Plagusia spec.
Achirus mollis.

Fam. 3. Ophidini.

Ophidium barbatum.
Fierasfer imberbis.
Ammodytes tobianus.

Fam. 4. Leptocephalidae.

Helmichthys punctatus.
Oxystomus hyalinus.
Leptocephalus pellucidus Bp.
Hyoprorus messanensis mihi.

Ordo III. Pharyngognathi.

Fam. 1. Labroidei cycloidei.

Labrus variegatus.
Labrus scrofa.
Julis vulgaris.
Julis pavo.
Scarus creticus.
Crenilabrus pavo.
Xirichthys novacula.

Fam. 2. Labroidei ctenoidei.

Pomacentrus fuscus.
Dascyllus araucanus.
Heliases castaneus.
Glyphisodon rhati.

Fam. 3. Chromides.

Chromis nilotica.
Chromis surinamensis.
Chromis spec.
Cichla Deppii.

Fam. 4. Scomberesoces.

Belone vulgaris.
Belone caudimacula.
Tylosurus imperialis Bp.
Sayris camperi.
Hemiramphus spec.
Exocoetus exsiliens.

Ordo IV. Physostomi.

Fam. 1. Siluroidei.

Subfam. Eremophilini Bp.

Trichomycterus punctulatus.

Fam. 4. Cyprinodontes.

Poecilia vivipara.

Anableps tetrophthalmus.

Cyprinodon calaritanus.

Molienesia latipinnis.

Orestias taeniatus.

Fundulus nigrescens.

Fam. 6. Esoces.

Esox vulgaris.

Umbra Krameri.

Fam. 7. Galaxiae.

Galaxias truttaceus.

Fam. 9. Scopelini.

Saurus lacerta.

Myctophum elongatum Bp.

Ichthyococcus Poweriae Bp.

Gonostoma denudata Raf.

Argyropelecus hemigymnus Cocco.

Odontostoma Balbo.

Fam. 10. Chauliodontidae Bp.

Chauliodus setinotus.

Stomias barbatus Risso.

Fam. 12. Heteropygii.

Amblyopsis spelaeus.

Fam. 15. Symbranchii.

Symbranchus marmoratus.

Symbranchus immaculatus.

Amphipnous cuchia.

Monopterus javanicus.

Ordo V. Plectognathi.

Fam. 1. Balistini.

Balistes capriscus.

Monacanthus geographicus.

Aluteres laevis.

Triacanthus brevirostris.

Fam. 2. Ostraciontes.

Ostracion triqueter.

Fam. 3. Gymnodontes.

Diodon spec.

Tetraodon fahaca.

Tetraodon lineatus.

Orthagoriscus mola.

Ordo VI. Lophobranchii.

Syngnathus typhle.

Hippocampus guttulatus.

Pegasus draco.

II. Fische, deren Knochen aus ächter Knochensubstanz bestehen und Zellen enthalten.

A. Teleostei.

Ordo I. Acanthopteri.

Fam. 8. Scomberoidei.

Thynnus vulgaris.

Thynnus alalonga.

Auxis bisus.

Ordo IV. Physostomi.

Fam. 1. Siluroidei.

Silurus glanis.

Siluris bicirrhis.

Schilbe mystus.

Bagrus spec.

Arius spec.

Synodontis serratus.

Auchenipterus furcatus.

Heteropneustes fossilis.

Aspredo laevis.

Pimelodus spec.

Chaca lophioides

Plotosus unicolor.

Clarias fuscus.

Heterobranchus anguillaris.
Malapterurus electricus.
Malapterurus beninensis.
Callichthys spec.
Loricaria cataphracta.

Fam. 2. Cyprinoidei.

Cyprinus carpio.
Barbus vulgaris.
Barbus elongatus.
Barbus obtusirostris.
Barbus marginatus.
Tinca chrysitis.
Leuciscus rutilus.
Leuciscus tincella.
Abramis blicca.
Alburnus lucidus.
Aspius bipunctatus.
Phoxinus laevis.
Rhodeus amarus.
Gobio fluviatilis.
Chondrostoma risella.
Cobitis barbatula.
Dangila lipocheila.
Labeo niloticus.
Catostomus spec.

Fam. 3. Characini.

Citharinus Geoffroyi.
Alestes dentex.
Hydrocyon Forskahlii.
Distichodus niloticus.
Tetragonopterus mexicanus de Fil.
Pacu nigricans.
Pacu taeniurus.
Leporinus spec.
Anodus cyprinoides.
Erythrinus unitaeniatus.
Macrodon trahira.
Piabuca bimaculata.
Gasteropelecus sternicla.
Cheirodon Girard n. spec.
Brycon M. Tr. n. spec.

Fam. 5. Mormyri.

Mormyrops anguilloides.
Mormyrus bane.
Mormyrus longipinnis.
Mormyrus oxyrhynchus.
Mormyrus cyprinoides.
Mormyrus spec.

Fam. 8. Salmones.

Salmo salar.
Salmo trutta.
Argentina silur.

Fam. 11. Clupeini.

Clupea harengus.
Alosa melanura.
Alosa vulgaris.
Coilia Grayi.
Meletta thryssa.
Elops saurus.
Megalops cyprinoides.
Chatoessus cepedianus.
Chatoessus punctatus.
Engraulis encrasicholus.
Engraulis Brownii.
Notopterus Pallasii.
Gnathobolus mucronatus.
Chirocentrus dorab.
Pristigaster spec.
Lutodeira chanos.
Butirinus macrocephalus.
Hyodon claudulus.
Heterotis niloticus.
Osteoglosum vandellii.
Osteoglosum formosum.
Sudis gigas.
Macrostoma angustidens Risso.
Alepocephalus rostratus.

Fam. 13. Muraenoidei.

Anguilla vulgaris.
Conger myrus.
Ophisurus serpens.
Nettastoma melanura.
Sphagebranchus imberbis.

Fam. 14. Gymnotini.

Gymnotus electricus.
Carapus brachyurus.

B. Ganoidei.

Holostei.

Fam. 1. Lepidosteini.

Lepidosteus platyrhynchus.

Fam. 2. Polypterini.

Polypterus bichir.

Fam. 3. Amiidae.

Amia calva.

Chondrostei.

Fam. 1. Acipenserini.

Acipenser nacarii.

Scaphyrhynchus Rafinesquii.

Fam. 2. Spatulariae.

Spatularia folium.

C. Dypnoi.

Sirenoidei.

Lepidosiren annectens.

Aus dieser Aufzählung ergibt sich, dass die Fische, in deren Skelett Knochen vorkommen, trotz deren ungemein grossen Zahl doch in sehr bemerkenswerther Weise in zwei Gruppen zerfallen, wie am besten die folgende Zusammenstellung der Hauptresultate, ergibt.

I. Fische ohne Knochenzellen.

I. Alle *Acanthopteri* mit einziger Ausnahme der Gattung *Thynnus Cuv.*, von der ich bemerken will, dass ihre Knochenzellen ganz anomal, nicht strahlig, sondern einfache lange Spindeln sind.

II. Alle *Anacanthini*, J. Müll.

III. Alle *Pharyngognathi*, J. Müll.

IV. Einige kleinere und niedriger stehende Ordnungen der *Physostomi* nämlich die *Cyprinodontes*, *Esoces*, *Galaxiae*, *Scopelini*, *Chauliodontida Bp.*, *Heteropygii*, *Symbranchii* und von den *Siluroiden* nur die abweichende Gattung *Trichomycterus*.

V. Alle *Plectognathi*.

VI. Alle *Lophobranchii*.

II. Fische mit Knochenzellen.

I. Alle grossen und höher organisirten Familien der *Physostomi*, nämlich die *Siluroidei* ohne *Trichomycterus*, *Cyprinoidei*, *Characini*, *Mormyri*, *Salmones*, *Clupeini*, *Muraenoidei*, *Gymnotini*.

II. Alle *Ganoidei*.

III. Die *Sirenoidei*.

IV. Von den *Acanthopteri* nur die Gattung *Thynnus Cuv.*

Da dieser Zusammenstellung zufolge nicht bezweifelt werden kann, dass die Gruppe, welche ächtes Knochengewebe besitzt, die grosse

Mehrzahl der höher organisirten Knochenfische in sich schliesst (diejenigen mit Luftgang der Schwimmblase, mit complicirterem Gehörorgan, mit entwickelterem Gehirn, die Ganoiden, Sirenoiden) und da wir ebenfalls wissen, dass von den höhern Wirbelthieren auch die am tiefsten stehenden Batrachier, selbst die *Perennibranchiata*, ohne Ausnahme Knochenzellen führen, so scheint hieraus zu folgen, dass die eigenthümliche Vertheilung von wahrem Knochengewebe und von osteoider Substanz, wie ich das Gewebe ohne Zellen nennen will, eine tiefere Bedeutung hat. Diese Bedeutung wird durch ein genaueres Studium der Entwicklung des Knochengewebes in beiden Gruppen aufzufinden sein, und hoffe ich in nicht zu langer Zeit auch mit Bezug auf diesen Punkt einige Aufschlüsse geben zu können; für einmal jedoch, so lange als meine Beobachtungen nach dieser Seite hin nicht zum vollen Abschlusse gelangt sind, muss ich mich jeder weitern Andeutung enthalten.

Alles bis jetzt gemeldete hatte einzig und allein Bezug auf den grossen und fundamentalen Unterschied zwischen den beiden geschilderten grossen Gruppen der Fische mit knöchernem Skelett. Jetzt will ich mir erlauben, zu bemerken, dass auch unter den einzelnen Abtheilungen der beiden Gruppen grössere oder geringere Abweichungen im feineren Bau der Hartgebilde vorkommen. Da jedoch hier nicht der Ort ist, um alle Einzelnheiten dieser Frage zu beleuchten, so begnüge ich mich damit, folgendes beizufügen. Bei den höher stehenden Fischen mit ächtem Knochengewebe zeigen sich Verschiedenheiten besonders mit Bezug auf die Grösse und Gestalt der Knochenzellen und glaube ich schon nach meinen bisherigen Untersuchungen sagen zu können, dass dieselben bei den Ganoiden, Siluroiden, Salmonen, Cyprinoiden, Clupeiden, Sirenoiden ziemlich typische Verhältnisse darbieten. Ausserdem zeigen sich auch noch darin Verschiedenheiten, dass in gewissen Abtheilungen neben den Zellen auch dentinartige Röhrchen sich finden, wie bei den Ganoiden, wogegen auf das Vorkommen oder den Mangel der Havers'schen Kanäle und ihre Anordnung kein grösseres Gewicht zu legen ist. — Bei der zweiten Gruppe mit osteoidem Gewebe herrschen schon mehr Verschiedenheiten. Hier sind die Knochen in den einen Fällen ganz structurlose homogene Massen, wie bei den *Leptocephalidae*, in andern haben sie einen besondern faserigen Bau und bestehen aus einem eigenthümlichen Gemenge von Knorpel und osteoider Substanz, wie Quekett zuerst für die

Gattungen *Orthagoriscus* und *Lophius* nachwies, denen ich einige Balistinen beifügen kann. Bei weitem die meisten Abtheilungen und Gattungen dieser Gruppe jedoch zeichnen sich durch das Vorkommen besonderer feinerer Röhrchen in ihren Knochen aus, die mehr weniger denen des Zahnbeines entsprechen. Wenn diese Röhrchen schön entwickelt sind, so nehmen die Knochen einen Bau an, der von dem des Zahnbeines in keiner Weise unterschieden werden kann, eine Thatsache, die schon Quekett bekannt war, der sie von *Fistularia*, *Sphyraena barracuda* und *Belone vulgaris* erwähnt, und für die ich noch viele andere Beispiele besonders aus den Abtheilungen der *Plectognathi*, *Pharyngognathi*, *Sparidae* und *Squamipennes*, aber auch aus andern, beibringen kann. In den meisten Fällen jedoch ist dieses dentinartige Gewebe nicht so ausgezeichnet entwickelt und verschiedentlich mit mehr homogenen Massen untermengt. Eine bemerkenswerthe Thatsache ist auch, dass besonders in den Knochen dieser Gruppe, seltener bei denen der andern, auch Formationen vorkommen, die wie aus kleinen verkalkten Massen bestehen und in einer auffallenden Weise an die tieferen Lagen der gewöhnlichen Fischschuppen erinnern.

Ich kann nun noch beifügen, dass auch die Scleroticalknochen der Fische, so weit meine bisherigen Untersuchungen reichen, im Bau ganz dem Skelette folgen und nur da Knochenzellen enthalten, wo auch dieses ächte Knochensubstanz hat, im entgegengesetzten Falle dagegen nur aus meist homogener osteoider Substanz ohne Röhrchensysteme bestehen.

Bis jetzt war noch keine Rede von den Hartgebilden der Haut der Fische und von den Flossenstrahlen, und will ich nun noch bemerken, dass meine Untersuchungen auch über diese sich erstreckten und dass im Allgemeinen auch für sie dieselben Gesetze gelten, wie für die inneren Theile des Skelettes. Vor allem gilt dies für die Flossenstrahlen, die, mögen sie nun weicher oder härter, gegliedert oder einfach sein, bei allen den Abtheilungen Knochenzellen führen, bei denen auch das innere Skelett solche hat, während dieselben im entgegengesetzten Falle aus homogener osteoider Substanz oder aus einem mit Röhrchen versehenen Gewebe bestehen, welches auch hier in gewissen Fällen, wie Williamson zuerst für die Ostracionten gezeigt hat, die Natur von wirklichem Zahnbein annehmen kann, wie in manchen *Plectognathi* (*Triacanthus*,

Aluteres, *Monacanthus*, *Tetraodon* u. a.) und gewissen *Acanthopterygii* (*Equula*, *Ephippus*, *Haemulon*, *Pristipoma*, *Scatophagus*, *Centrarchus*). Mit Bezug auf die Hartgebilde der Haut so lässt sich wenigstens so viel sagen, dass kein Fisch, dessen inneres Skelett der Knochenkörperchen entbehrt, solche in der Haut zeigt, wogegen allerdings von den Fischen mit ächtem Knochengewebe lange nicht alle auch in den Schuppen solches besitzen. Schuppen oder Platten mit Knochenzellen finden sich bei *Polypterus*, *Lepidosteus* und auch bei *Amia*, von der J. Müller irrthümlich angibt, dass sie keine solchen Zellen habe, dann bei den Stören und Spatularien (Schuppen der Schwanzflosse) und nach Williamson auch bei den fossilen Ganoiden, was ich an seinen Präparaten bestätigt finde. Bei vielen Ganoiden enthalten übrigens, wie Williamson und Quekett gelehrt haben, die Schuppen oft mitten im ächten Knochengewebe auch Zahnröhrchen, ja selbst Stellen, die ganz aus wahrem Zahnbein bestehen (Kosmine, Williamson). Auch bei *Lepidosiren* finde ich Knochenzellen in den Schuppen, freilich meist nur von der einfachen Form von Spindeln und nur hie und da von einfach sternförmiger Gestalt. Von den übrigen Fischen mit Knochenzellen im Skelett wusste man bis jetzt wenig von Knochenzellen in den Schuppen, ich finde jedoch, dass dieselben auch bei ihnen ziemlich verbreitet sind. Von der Gattung *Thynnus*, bei der jedoch nur die grossen Schuppen des „Gürtels" Knochenzellen enthalten, weiss man dies schon lang, ebenso von den Hautplatten gewisser Siluroiden (*Loricaria*, *Callichthys*). Ausserdem hatte J. Müller noch die Schuppen von *Sudis* namhaft gemacht, und Leydig angegeben (Hist. pag. 92), dass die den Schuppen der Seitenlinie angesetzten Rinnen und Halbkanäle bei einigen Cyprinoiden (Karpfen, Schleie, Barbe) ächte Knochenzellen enthalten. Letzteres finde ich ganz bestätigt und kann ich noch die Gattungen *Hydrocyon*, *Alepocephalus*, *Macrostoma Risso*, *Piabuca*, *Serrasalmo*, *Xiphorhamphus*, *Tetragonurus*, *Salminus*, *Chalcinus*, *Pygocentrus*, *Labeo* und *Catostomus* als solche beifügen, bei denen dasselbe statt hat. Neu ist dagegen, dass es, ausser den namhaft gemachten *Sudis* und einigen Siluroiden, viele andere Physostomen gibt, die in den Schuppen selbst und zwar in Allen ächte Knochenzellen führen. Nach meinen bisherigen Forschungen, die wegen Mangel an Material noch nicht als abgeschlossen zu betrachten sind, gehören hierher:

1) Characini.

Von dieser Abtheilung habe ich fast alle Gattungen und 41 Arten zu untersuchen Gelegenheit gehabt, da mir ausser den oben schon namhaft gemachten Arten durch die Güte der Herren de Filippi und Peters auch noch die Schuppen von vielen andern zur Disposition standen. Das Resultat ergibt folgende Tabelle:

Characini mit Knochenkörperchen in allen Schuppen.	*Characini ohne Knochenzellen in den Schuppen.*
Erythrinus unitaeniatus Spix.	*Hydrocyon Forskahlii Cuv.
Erythrinus microcephalus Agass.	*Piabuca bimaculata (Hyrtl misit).
Macrodon trahira J. Müll.	Gasteropelecus sternicla Bl.
Macrodon auritus Val.	Gasteropelecus securis de Fil.
Pacu taeniurus (Prochilodus taeniurus Val.)	Cheirodon Girard nov. spec. de Fil.
Pacu nigricans Spix.	Brycon falcatus Müll. Tr.
Pacu lineatus Val.	Brycon nov. spec. de Fil.
Distichodus niloticus Müll. Tr.	Serrasalmo rhombeus Cuv.
Alestes dentex Müll. Tr.	*Serrasalmo marginatus Val.
Anodus cyprinoides Müll. Tr.	Xiphorhamphus falcatus Müll. Tr.
Anodus edentulus Agass.	*Xiphorhamphus hepsetus Müll. Tr.
Anodus leucos de Fil.	Myletes rubripinnis Müll. Tr.
Schizodon fasciatus Agass.	Myletes rhomboidalis Cuv.
Chilodus punctatus Müll. Tr.	Tetragonurus mexicanus de Fil.
Raphiodon (Cynodon) vulpinus Agass.	*Tetragonurus argenteus Art.
Leporinus fasciatus Müll. Tr.	*Tetragonurus maculatus Müll. Tr.
Leporinus elongatus Val.	*Salminus orbignyanus Val.
Citharinus latus Ehr.	*Chalcinus Mülleri de Fil.
	Pygocentrus nigricans Müll. Tr.
	Epicyrtus gibbosus Müll. Tr.
	Piabucina erythrinoides Val.
	Exodon paradoxus Müll. Tr.
	Leporinus spec.

Von der zweiten Abtheilung ist jedoch zu bemerken, dass wahrscheinlich bei allen die den Schuppen der Seitenlinie angesetzten Kanäle aus ächtem Knochengewebe bestehen, wie ich dies bei den mit einem * bezeichneten Arten gefunden.

Wie man sieht zerfallen die *Characini* nach der Beschaffenheit ihrer Schuppen in zwei Gruppen, doch sind dieselben keineswegs als zwei auch in andern Beziehungen natürliche Abtheilungen anzusehen, um so weniger als eine und dieselbe Gattung, wie *Leporinus*, Schuppen der beiderlei Art besitzen kann. Das Vorkommen der

Knochenkörperchen richtet sich übrigens wenn auch zum Theil doch nicht ganz nach der Grösse der Schuppen, indem grosse Schuppen ohne solche vorkommen (*Hydrocyon*, *Chalcinus*, *Salminus*) und umgekehrt kleine Schuppen Zellen besitzen können (*Anodus edentulus*, *Chilodus*).

2) Mormyri.

Mormyrus longipinnis Rüpp.
Mormyrus oxyrhynchus.
Mormyrus bane.
Mormyrus cyprinoides.
Mormyrus spec.
Mormyrops anguillaris.

3) Clupeini.

Megalops cyprinoides.
Elops saurus.
Coilia Grayi.
Notopterus Pallasii (Zellen sehr spärlich).
Butirinus macrocephalus.
Hyodon claudulus.
Osteoglossum vandellii.
Osteoglossum bicirrosum.
Heterotis niloticus.

Die Knochenplatten des Bauchkieles vieler Clupeinen sind überall ächter Knochen, gehören aber nicht hierher.

Bei *Lutodeira chanos*, *Chatoessus punctatus* und *cepedianus* so wie bei *Alosa vulgaris* vermisse ich die Zellen in den Schuppen. — Ebenso habe ich bei mehreren Cyprinoiden (*Labeo*, *Catostomus*, *Barbus*) vergeblich nach Zellen in den eigentlichen Schuppen gesucht, dagegen fand ich bei *Barbus* sehr hübsche Dentinröhrchen im hinteren Theile der Schuppen.

Unstreitig wird man nun noch bei manchen andern Physostomen, die ächtes Knochengewebe im Skelett haben, solches auch in den Schuppen finden, doch ist nicht daran zu denken, dass dasselbe bei allen diesen Fischen vorkömmt.

Die Lage der Schuppen, die die Zellen führt, ist auch bei den Physostomen, wie bei den Ganoiden, die untere, doch sitzen die Zellen über der Faserlage der Schuppen dicht unter der oberflächlichen structurlosen Lage, die ich bei allen Schuppen mit dem Namen Ganoinlage bezeichne, weil sie offenbar überall dieselbe Bedeutung hat.

Durch alles das Bemerkte ist noch bestimmter, als es J. Müller möglich war, gezeigt, dass die Schuppen der Ganoiden keine Structureigenthümlichkeit besitzen, welche sie von denen der Teleostier bestimmt unterschiede. Ja gewisse Ganoiden, wie *Amia*, haben Schuppen, die selbst in der Biegsamkeit, Abrundung und Sculptur der Ganoinlage mit denen der andern Fische stimmen.

Mit Bezug auf die Fische, die durch den Mangel an Knochen-Zellen im Skelette charaeterisirt sind, will ich nun noch zweierlei bemerken, 1) dass dieselben auch in den den Schuppen der Seitenlinie angesezten Halbrinnen nie Knochenzellen führen (was Leydig beim Barsch rudimentäre Zellen nennt, sind die Röhrchen der osteoiden Substanz) und 2) dass es unter ihnen auch welche gibt, die in den Hautknochen schönes Zahnbein enthalten, so *Amphisile scutata* und die *Ostracionten.*

Zur Vervollständigung alles des Gesagten füge ich nun noch die bekannte Thatsache bei, dass es noch eine 3. Fischgruppe gibt, deren Skelett aus Knorpel und verkalktem Knorpel besteht, die Cyclostomen und Selachier. Kein Selachier, auch Chimaera nicht, hat in den verkalkten Theilen des Skelettes wirkliche Knochenzellen, wie schon J. Müller und später auch H. Müller mit Recht bemerken, vielmehr bestehen diese Theile nur aus verkalktem Knorpel, dessen Zellen jedoch allerdings, wie ich finde, mit einander anastomosiren können. Bei diesen Thieren enthalten auch die Hartgebilde der Haut nie ächtes Knochengewebe sondern Zahnbein.

Fassen wir alles Gesagte noch einmal kurz zusammen, so finden wir folgendes:

I. Es gibt 3 Typen in der feineren Structur des innern Skelettes der Fische mit Inbegriff der *Sclerotica.*

1) Selachiertypus. Skelett knorpelig oder verkalkter Knorpel. Selachier, Cyclostomen.

2) Typus der Acanthopterygier. Skelett homogene oder tubuläre osteoide Substanz, sehr häufig wirkliches Zahnbein. Die Teleostier J. M. mit Ausnahme der Mehrzahl der Physostomen.

3) Ganoidentypus. Skelett ächte Knochensubstanz. Die meisten Physostomi, die Ganoiden, Sirenoiden.

II. Die Flossenstrahlen zeigen folgende Modificationen:

1) Flossenstrahlen knorpelig. Selachier z. Th., Sirenoiden.

2) Flossenstrahlen aus homogener oder tubulärer osteoider Substanz bestehend. Die Mehrzahl der Fische des Typus des *Acanthopterygier.*

3) Flossenstrahlen aus Zahnbein zusammengesetzt. Stacheln der Selachier, *Plecthognati*, einiger *Acanthopterygii*, gegliederte Strahlen einiger *Plectognathi*.

4) Flossenstrahlen aus ächtem Knochen bestehend. Alle Fische des Ganoidentypus.

III. Das äussere Skelett folgt wenigstens in gewisser Beziehung dem innern und ergeben sich hier folgende Typen:

1) Aeusseres Skelett aus homogener und faseriger osteoider Substanz bestehend. Schuppen der grossen Mehrzahl der Teleostier.

2) Aeusseres Skelett aus Zahnbein bestehend. Haut-Stacheln der Selachier, Schuppen der *Plectognathi*, z. Th., von *Amphisile*.

3) Aeusseres Skelett aus ächtem Knochengewebe zusammengesetzt, z. Th. in Verbindung mit homogener osteoider Substanz (*Ganoin*) und mit Dentinröhrchen. Schuppen der Ganoiden, von Lepidosiren, einiger Siluroiden, der *Mormyri*, vieler Characinen und Clupeiden, dann von *Thynnus*.

Ich habe noch als angenehme Pflicht meinen Dank gegen alle die abzutragen, welche mich bei diesen Untersuchungen unterstützt. Meinem Freunde Tomes in London und Herrn Prof. Williamson in Manchester verdanke ich die freie Benutzung schöner Sammlungen von Schliffen von Hartgebilden von lebenden und fossilen Fischen, deren Studium für mich von grossem Werthe war. Das Material zur Anfertigung meiner eigenen Präparate schulde ich einem guten Theile nach meinen Freunden Heinrich Müller und Filippo de Filippi in Turin, von denen der erstere mir die schöne Sammlung von Mittelmeerfischen der nun unter seiner Direction stehenden zootomischen Sammlung ganz zur Disposition stellte, während der andere mit stets gleicher Bereitwilligkeit mich namentlich mit seltenem ausländischem Material versah. Ausserdem erhielt ich eine Sammlung javanischer Fische durch die Freundlichkeit meines früheren Schülers des Hrn. Dr. Helferich daselbst, ferner Nilfische durch den ehemaligen hannöver'schen Consul in Cairo, meinen Landsmann Herrn Brandeis in Zürich. Der grossen Gefälligkeit meines verehrten Collegen Prof. Hyrtl in Wien verdanke ich es, dass ich die

Umbra Krameri, dann alle Typen der *Symbranchii*, mehrere *Cyprinodonten* und eine grosse Zahl seltener *Clupeiden* und *Characinen* untersuchen konnte. Durch die Güte des Professor Peters in Berlin erhielt ich eine Reihe seltener ausländischer Gattungen, sowie Schuppen von seltenen *Clupeinen* und *Characinen*, und mein College Leiblein in hier stellte mir alle in der hiesigen zoologischen Sammlung befindlichen *Cyprinodonten* zu Gebote. Durch alle diese Unterstützungen und verschiedene Ankäufe bei Händlern ist es mir, trotz meiner für solche Forschungen weniger günstigen Stellung, schliesslich doch möglich geworden, meiner Untersuchungsreihe eine solche Ausdehnung zu geben, dass die erhaltenen Resultate mit Vertrauen werden aufgenommen werden dürfen. Immerhin bietet dieselbe auch immer noch Lücken genug dar, und werde ich jedem dankbar sein, der mir dieselben ausfüllen hilft. Namentlich erwünscht wären mir die selteneren *Clupeinen*, *Characinen* und *Siluroiden*, dann die selteneren *Muraenoidei*, *Gymnotini* und *Symbranchii* (*Sternarchus*, *Sternopygus*, *Ramphichthys*, *Saccophaynx*, *Alabes etc.*) und *Galaxias*, ein Typus von dem ich bis jetzt nur eine Rippe zur Untersuchung erhalten konnte; endlich besonders die amerikanischen Fische, von denen ich nur einige wenige zu untersuchen Gelegenheit hatte.

Druck von J. M. Richter in Würzburg.

Ueber den

Bau der Säge des Sägefisches

von

A. KÖLLIKER.

(Abgedruckt aus dem I. Bande der naturwissenschaftlichen Zeitschrift.)

Auf den eigenthümlichen Bau der Säge von *Pristis* hat bis jetzt ır Williamson in einer kürzeren Notiz aufmerksam gemacht (Struct. scales and bones in Philos. Transact. 1851 II. pag. 678), und doch rdient dieser Theil eine besondere Beachtung, weil in demselben die ırte Knochenmasse aus einer eigenthümlichen Verbindung von Knorpel-ıochen und von Bindegewebsverknöcherungen besteht und die letzteren, die ;i Plagiostomen doch im Ganzen seltener sind, und namentlich am Schädel ›nst gar nicht vorkommen, hier in sehr erheblicher Menge auftreten. m diese Bindegewebs-Ossificationen genauer schildern zu können, ist es ıumgänglich nöthig, die Säge von *Pristis* kurz zu besprechen und auch en Knorpelknochen derselben mit in die Betrachtung zu ziehen. Das ir vorliegende Stück der Säge von *Pristis cuspidatus* enthält im Innern grössere Kanäle, einen mittleren rechteckigen, der als Auskleidung eine ünne Knorpellage besitzt, und zwei seitliche rundliche, von denen der ıssere kleiner ist, die von einem gefässhaltigen weichen Mark erfüllt nd. Ein senkrechter Querschnitt durch die ganze Säge in der Gegend es grösseren Gefässkanales zeigt folgendes. Zu äusserst die Hautschuppen ıit der Cutis, dann eine starke Lage longitudinaler Bindegewebsbündel, ıst wie ein Sehnenquerschnitt aussehend, Durchschnitt des Periostes der anzen Säge. Hierauf folgt die eigentliche Knochenmasse und diese be-teht von aussen nach innen: 1) aus einer dünnen Lage von Faserknochen nit longitudinellem Verlauf der Fasern; 2) aus einer äusseren Lage von äulen aus Knorpelknochen; 3) einer inneren Lage eben solcher Prismen;) einer mächtigen Schicht von Faserknochen mit longitudinalem Faser-erlauf; 5) endlich aus einer dünnen Schicht von transversal verlaufendem 'aserknochen. Alle Prismen enthalten an ihren den Faserknochenlagen ugewendeten Grundflächen eine tiefe kegelförmige Höhle und in diese etzen sich, unmittelbar vom Faserknochen ausgehend, kegelförmige Zapfen

von demselben Gewebe fort, so dass jede Säule aus zwei Theilen, ein äusseren Lage von Knorpelknochen und einem inneren Kegel von Fase knochen, besteht.

Senkrechte Längsschnitte in der Gegend der grösseren Gefässkanä geben im Wesentlichen dieselben Bilder, nur dass die Faserrichtung i den Lagen des Faserknochens natürlich eine andere ist. An solche Schnitten erkennt man auch an vielen Orten in den inneren Lagen d Faserknochens Blutgefässe, die von dem grossen Gefässkanale aus ein dringend oft bis an die innere Säulenschicht und manchmal auch noch i die Zwischenräume der Säulen sich verfolgen lassen, Gefässe, die offenb der äusseren Haut bestimmt sind. Ferner zeigen dieselben auch, w übrigens schon an den Querschnitten zu erkennen ist, dass die kegel förmigen Zapfen in den Prismen eine ziemliche Menge von senkrecht si durchsetzenden starken Fasern enthalten und diese Radialfasern lasse sich dann auch an den Längsschnitten da und dort weit in die inner längsverlaufende Faserknochenlage hinein verfolgen, ja in gewissen Fälle sieht man dieselben selbst bis in die Querfaserlage hinein.

Flächenschnitte geben ebenfalls sehr zierliche Bilder. In der innere längs verlaufenden Faserknochenschicht sieht man an vielen Orten di durchtretenden Radialfasern und Blutgefässe. In der Säulenlage erschein ein zierliches Pflaster von meist 6seitigen Polygonen mit starken Züge faserigen Zwischengewebes und rundlichen Lücken an den Ecken der Säule und in der Mitte der letzteren entweder der mit den Säulen innig ver schmolzene Kegel von Faserknochen, an dem die Querschnitte seine Radialfasern sehr deutlich sind, oder, wenn die Schnitte mehr an die Spitz der Säulen geführt sind, der innere Theil des eigentlichen Knorpelknochen derselben.

Der unpaare, rechteckige mittlere Kanal zeigt als Auskleidung ein dünne Knorpellage, auf welche nach aussen gleich Säulen aus Knorpel knochen folgen. Gegen die obere und untere Fläche der Säge grenz dann an diese eine zweite äussere Lage von Säulen an, die sich wie di vorhin beschriebenen äusseren Säulen verhalten. Dagegen fehlt eine solch zweite Lage seitlich und folgt auf die angegebene Säulenschicht unmittelbar die innere Lage von Faserknochen, die vorhin beschrieben wurde. Mithin bestehen die Zwischenwände zwischen dem mittleren unpaaren Kana und den seitlich grösseren Gefässkanälen aus 1) einer Knorpellage, 2) eine Säulenschicht, 3) einer Lage längsverlaufenden Faserknochens mit zapfen-

förmigen Fortsetzungen in die Säulen hinein und 4) einer ringförmigen Schicht ebensolchen Knochens. Die genannte mittlere Höhle scheint eine Fortsetzung der Schädelhöhle zu sein und war an meinem Stücke nur von einer dünnen Lage von Knorpel ausgekleidet. An einer Stelle verlief in der Wand jedoch in die Höhle vorspringend ein grösserer Gefässkanal, dessen Wand von besonderen Säulen gebildet war, die einerseits an diejenigen des grossen Kanals sich anlegten, anderseits an dem frei vorspringenden Theile von Knorpel belegt waren. Dieser Kanal enthielt innen eine schwache Lage von Faserknochen mit unentwickelten Zapfen, die in die ebenfalls wenig entwickelten Prismen hineineinragten. Bei *Pristis antiquorum* ist nach Queckett (Hist. Cat. II. p. 52) der mittlere Kanal ganz von Knorpel erfüllt, während in je einem seitlichen Kanale (im ganzen finden sich hier nur 3 Kanäle) ein Ast des Facialis verläuft.

Die kleinern seitlichen Gefässkanäle von *Pristis cuspidatus* verhalten sich im Bau ihrer Wand im Wesentlichen wie die grossen schon beschriebenen, dagegen ist der Bau der Ränder der Säge, welche die Stacheln oder Zähne tragen, zum Theil ein besonderer. Es bestehen dieselben äusserlich unterhalb der Beinhaut aus einer Lage von Faserknochen, die gegen den Rand zu immer stärker wird und am Rande selbst in einer sehr mächtigen Lage die eigentliche Kante der knöchernen Theile der Säge bildet, in welcher Lage sehr zahlreiche Blutgefässe enthalten sind und die Fasern des Grundgewebes vorzüglich senkrecht, schief und quer verlaufen, während dieselben im übrigen Theile mehr der Länge nach dahin ziehen. Dann folgt eine äussere Lage von Säulen, von denen diejenigen, die unmittelbar nach aussen vom kleineren Gefässkanale stehen, sehr lang (bis 3‴) und schmal sind, die gegen den Rand zu dagegen allmälig immer niedriger werden. Auf diese Säulen kommt dann meist, mit Ausnahme des Randes selbst, eine dünne Lage ächten Knorpels und im Innern endlich eine Menge kleiner Säulen mit viel faserigem Zwischengewebe und zum Theil auch noch kleinere Knorpelstückchen ohne Faserknochen, welche Säulen zum Theil deulich in 2, auch wohl in 3 Reihen angeordnet sind. Da wo die Stacheln sich finden, ist das Verhalten im Wesentlichen dasselbe, nur hat man sich hier den Rand grubig eingesenkt zu denken, so dass für die Stacheln Fächer entstehen, deren Wände, abgesehen von den Weichtheilen, die sie zunächst auskleiden, zunächst aus Faserknochen gebildet sind, weiter nach aussen dagegen, besonders gegen den Grund der Fächer, auch Säulen zeigen.

Den feinern Bau der Säge von *Pristis* anlangend, so ist über die Säulen nichts weiter zu bemerken, da dieselben den durch Williamson's Untersuchungen namentlich bekannten Bau des Knorpelknochens der

übrigen Plagiostomen zeigen. Den Faserknochen betreffend, so ist es nöthig, die grösseren inneren und äusseren oberflächlichen Abtheilungen desselben und die in die Säulen eindringenden Keile auseinanderzuhalten. Die erstern zeigen auf Flächenansichten eine deutlich faserige Grundsubstanz, deren Fasern, von 0,004—0,01''' Stärke, wohl im Allgemeinen einander gleich verlaufen, bei genauerem Zusehen jedoch zahlreiche unter spitzen Winkeln statthabende Verbindungen bilden und in den so entstehenden spaltenförmigen Maschen viele reihenweise gestellte, länglich runde und längliche kleine Zellen von 0,003—0,006''' und mehr enthalten, die wie Schliffe zu lehren scheinen, auch nicht selten der Länge und der Quere nach durch Ausläufer sich verbinden, worüber es jedoch schwer ist, vollkommen in's Reine zu kommen. Auf Querschnitten erkennt man die Fasern noch deutlicher und erscheinen besonders die innern, die Gefässkanäle umgebenden, mächtigen längs verlaufenden Lagen äusserst regelmässig und zierlich gezeichnet, indem dieselben wie aus dicht gedrängten rundlichen Körpern von 0,003—0,01''' und darüber zu bestehen scheinen, zwischen denen die Zellen als kleine rundlich-eckige und sternförmige Lücken erscheinen. An diesen Querschnitten sieht man auch nicht selten noch eine feinere Körnelung, Andeutungen einer Zusammensetzung der Fasern aus feineren Elementen, sowie dass die Form derselben bei verschiedenen Einstellungen wechselt, dieselben zusammenfliessen und sich lösen, Beweis der zwischen den Fasern vorkommenden Verbindungen.

Die in die Säulen eindringenden Keile von Faserknochen zeigen schmalere zahlreich zusammenhängende Fasern, deren Verlauf ein mehr unregelmässiger zu sein scheint, so dass man in keiner Ansicht das Bild einfacher Querschnitte erhält mit Ausnahme der Grundflächen der Keile, wo die Fasern noch der Länge nach verlaufen, wie in den sie tragenden grösseren Massen von Faserknochen. Die Zellen sind sehr zahlreich und erscheinen auf senkrechten Schnitten wie längliche oder länglichrunde etwas zackige Spältchen, auf Querschnitten dagegen als rundlicheckige, zum Theil zusammenhängende Höhlen. Die Radialfasern, die in diesen Keilen vorkommen, stimmen ganz mit denen aus den 4 Faserknochenkeilen der Wirbel der Haifische mit Nickhaut (s. Würzb. Verhdl. Bd. X.) und sind sowohl auf Längsschnitten, als auch namentlich auf Querschnitten leicht zu erkennen, an welchen letzteren sie als runde helle, gleichartige Körper von 0,003—0,01''' Durchmesser erscheinen, die häufig deutlich in Reihen stehen, die dem Längsdurchmesser der Säge gleichlaufen. Auf senkrechten Schnitten bedingen dieselben eine deutliche Streifung, die von der Grundfläche bis zur Spitze der Kegel sich erstreckt. Schon oben wurde angedeutet, dass diese Fasern da, wo die kegelförmigen Stücke mit grösseren

Massen von Faserknochen sich verbinden, auch in diese eindringen und in der That erkennt man dieselben in den inneren, die Gefässkanäle auskleidenden, längsverlaufenden Lagen von Faserknochen sehr deutlich. Auf Flächenschnitten erscheinen sie hier mit ihren Querschnitten als schmale Reihen von runden Körpern zwischen den Längsansichten der Fasern und an senkrechten Längsschnitten kann man sie oft auf grossen Strecken verfolgen und sich überzeugen, dass sie diese Schicht ganz durchsetzen und in derselben auch Verbindungen bilden und kleine Zellen zwischen sich haben, deren Längsdurchmesser senkrecht auf dem der anderen Zelle dieser Lage steht. Auch in den kegelförmigen Stücken in den Säulen scheint diese zweite Kategorie von Zellen hie und da sich zu finden.

Dass gewisse Theile der beschriebenen Faserknochen auch Blutgefässe enthalten, wurde schon oben angegeben. In den die Gefässkanäle umgebenden Lagen stehen die Gefässe in längeren spaltenförmigen Lücken, die der Längsaxe der Säge gleich verlaufen und den Faserknochen ziemlich senkrecht durchsetzen. So kommt es, dass derselbe auf senkrechten Querschnitten oft sehr regelmässig in grosse Bündel, etwa von der Breite der angrenzenden Prismen, zerfällt zu sein scheint. Dass diese Gefässe noch in die Lücken zwischen der innern Lage der Säulen eingehen, davon habe ich mit Bestimmtheit mich überzeugt, dagegen kann ich ausser der obengeäusserten Vermuthung, dass dieselben der Haut angehören, über ihr näheres Verhalten nichts sagen und wird man ohne Injectionen über diese Verhältnisse nichts genaueres zu erfahren im Stande sein.

Mit der geäusserten Vermuthung stimmt auch, dass nicht bloss die innere, sondern auch die äussere Lage der Säulen Gefässe enthält, wie am besten in der starken Faserknochenmasse am Rande der Säge zu sehen ist, in der dieselben sehr zahlreich, aber mehr unregelmässig angeordne sind; aber auch anderen Orten lassen sich solche zu den äusseren Säulen verfolgen. Alle Gefässe werden von einer besonderen *Adventitia* bekleidet, die ganz und gar wie eine feinfaserige elastische Netzhaut aussieht und da und dort rundliche Zellen eingesprengt enthält, die wie Knorpelzellen sich ausnehmen.

Ueber die Entwicklung der so merkwürdig gebauten Säge von *Pristis*, ist es ohne dieselbe ganz genau verfolgt zu haben, nicht möglich mehr als ganz Allgemeines zu sagen. So viel scheint mir jedoch ganz unumstösslich festzustehen, dass der Faserknochen überall Periostablagerung ist, während die Säulen natürlich aus einer Verkalkung des ursprünglichen Knorpels hervorgegangen sind. Wir hätten also hier den bei den *Selachiern* ausser an den Wirbeln gewisser Gattungen sonst nirgends vorkommenden Fall der Verbindung von Knorpelverkalkungen mit und zwar sehr mäch-

tigen Bindegewebsverknöcherungen. Einzelnes anlangend, so denke ich mir, dass an der ursprünglich knorpeligen und von einigen weiten longitudinalen Kanälen durchzogenen Säge von jungen Individuen die Säulenbildung theils an der äusseren Fläche, theils an der Wand der innern grössern Kanäle beginnt, gleichzeitig mit derselben aber auch sofort die ersten Anlagen der Faserknochenkegel sich durch Verkalkung des wuchernden *Perichondrium* entwickeln. Einmal angelegt wachsen die Säulen dann nicht bloss seitlich und innen, wie diess gewöhnlich der Fall ist, sondern auch an ihrer äussern Fläche insoweit diese nicht von dem Faserknochen eingenommen ist und gleichzeitig hiermit werden auch die Faserknochenkegel immer länger. Endlich gelangen die äussern und innern Prismen unter Verdrängung des Knorpels zur Berührung, die innern Kegel von Faserknochen sind vollständig angelegt und bilden sich nun zuletzt noch die grössern zusammenhängende Massen von Faserknochen als Belegung des Ganzen. Somit wäre, und in diesem Sinne hat sich auch der einsichtsvolle Williamson ausgesprochen, nicht die Grundfläche einer Säule, sondern etwa die Mitte oder genauer bezeichnet die Gegend, welche der Spitze des innern Kegels entspricht, der zuerst gebildete Theil. —

Wie sehr der hier geschilderte Bau der Säge von *Pristis* Festigkeit verleihen muss, braucht wohl kaum noch besonders hervorgehoben zu werden. Die fest zusammengefügten senkrecht und querstehenden Prismen geben derselben in diesen beiden Richtungen ihre Hauptstärke, wie diess ihrer Verwendung halber vor Allem nöthig war, ausserdem ist sie aber auch durch die Belegung mit längsfaserigen festen Knochenmassen besonders an den Rändern und an den Wänden der Gefässkanäle auch in dieser Richtung geschützt.

Druck von J. M. Richter in Würzburg.

Ueber die

Beziehungen der Chorda dorsalis

zur

Bildung der Wirbel der Selachier

und

einiger andern Fische.

Von

A. Kölliker.



Abgedruckt aus dem X. Bde. der Verhandlungen der Würzburger phys.-med. Gesellschaft.

Würzburg, 1860.

Verlag der Stahel'schen Buch- & Kunsthandlung.

Ueber die Beziehungen der Chorda dorsalis zur Bildung der Wirbel der Selachier und einiger andern Fische.

Von A. KÖLLIKER.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 30. Juli 1859.)

Bekanntermassen hat J. Müller in seiner epochemachenden Arbeit über die Osteologie der Myxinoiden die Ansicht ausgesprochen, dass die *Chorda dorsalis* mit Inbegriff ihrer eigenen Scheide niemals zur Bildung der Wirbel verwendet werde, dass vielmehr diese stets nur aus den in der sogenannten äussern Scheide sich entwickelnden knorpeligen Bogenpaaren hervorgehen, eine Aufstellung, zu der vorzüglich die Verhältnisse der knorpeligen Wirbelsäulen mit permanenten Chorden der Störe, Chimären, Hexanchi u. s. w. Veranlassung gegeben hatten. Eine weitere Verfolgung, namentlich der Wirbelsäule der Rochen und Haie brachte jedoch J. Müller bald zu einer richtigeren Auffassung dieser Angelegenheit und sah sich derselbe schon im Jahre 1838 (siehe Neurologie der Myxinoiden, Berlin 1840, pag. 64 u. f.) in den Stand gesetzt, gerade umgekehrt wenigstens für einige Fische die Betheiligung der Chordascheide an der Gestaltung der Wirbelkörper darzuthun, indem er für mehrere Plagiostomen und einige Teleostier nachwies, dass der centrale Theil der Wirbelkörper nicht den Bogenstücken oder der äussern skelettbildenden Schicht, sonder der eigentlichen Chordascheide seinen Ursprung verdankt.*)

Obgleich nun seit dieser für die Entwicklungsgeschichte der Wirbelsäule so wichtigen Erkenntniss beinahe 20 Jahre verstrichen sind, so hat doch diese Angelegenheit in dieser langen Zeit nicht nur keinen irgendwie nennenswerthen Fortschritt gemacht, sondern findet sich selbst in den Handbüchern zum Theil gar nicht, zum Theil

---

*) J. Müller hat bei Aufstellung dieser seiner neueren Ansicht auch seine Vorgänger gehabt, unter denen namentlich Rathke zu nennen ist, wie aus den von J. Müller selbst gegebenen historischen Auseinandersetzungen in der Osteologie und Neurologie der Myxinoiden zu ersehen ist.

nur kurz und nicht klar genug verwerthet, und ist sogar von solchen, die, wie Leydig, die feinere Organisation der Plagiostomen zu einer Hauptaufgabe gemacht, ganz ohne Berücksichtigung geblieben.*) Bei dieser Sachlage erschien es mir wünschenswerth, diese Frage einer erneuerten Prüfung zu unterziehen, und so habe ich denn in diesem Sommer, unterstützt durch die Gefälligkeit meines Collegen H. Müller, alle mir zugängigen Selachier und noch einige andere Gattungen auf die Zusammensetzung und Entwicklung ihrer Wirbelsäule untersuchte. Die erhaltenen Resultate stimmen im Wesentlichen mit denen von J. Müller überein, doch bin ich allerdings im Falle, die Verwandlungen der Chordascheide und ihre Beziehungen zur Bildung der Wirbelkörper nach verschiedenen Seiten bestimmter darlegen zu können, als es bei dem damaligen Stande der histologischen Kenntnisse diesem grossen Forscher möglich war.

A. *Zusammensetzung der Chorda.*

Meinen Untersuchungen zufolge hat die Chorda einen zusammengesetzteren Bau, als man bisher angenommen hat und besteht sehr allgemein aus folgenden Theilen:

1. Der eigentlichen Chorda oder Gallertsubstanz.

Da diese Substanz an der Verknöcherung keinen Antheil hat, so soll hier von ihr nur so viel bemerkt werden, dass sie constant aussen aus kleinen, innen aus grossen kernhaltigen Zellen besteht, und dass auch die scheinbaren Fasern des senkrecht oder quergestreiften centralen Streifens oder Bandes nichts als verlängerte Zellen zu sein scheinen.

2. Einer inneren elastischen Haut, *Elastica interna.*

Diese Haut, welche zuerst Molin beim Stör und ausserdem nur noch Leydig bei Chimära gesehen hat, scheint allgemein verbreitet zu sein, wenigstens sah ich dieselbe bei Acipenser, Scaphyrhynchus,

*) In der Histologie erwähnt dieser Autor unter Voranstellung des Satzes: „die Chordascheide kann auch ossificiren" in befremdender Weise nur Polypterus, bei dem in der Scheide Kalkkrümel vorkommen sollen und die Chimaera, bei der die bekannten von J. Müller beschriebenen Knochenringe in der eigentlichen Chordascheide sich finden. In den Untersuchungen zur Anatomie der Haie und Rochen ist von der Ossification der Scheide der Chorda keine Silbe zu finden!

Chimära, Lepidosiren, Hexanchus, Heptanchus, Centrophorus, Acanthias, Squatina, Sphyrna, Carcharias, Scymnus, Mustelus. Bei den erstgenannten 4 Gattungen ist dieselbe äusserst fein und zart und schwer zu erkennen, bei den andern dagegen sehr deutlich, z. Th. ausgezeichnet schön, bis zur Dicke von 0,002''' (Hexanchus). Immer besteht dieselbe aus einem dichten Netzwerk von Fasern, die chemisch und z. Th. auch mikroskopisch mit elastischen Fasern ganz übereinstimmen und ist in ihren ausgeprägtesten Formen von den schönsten elastischen Netzhäuten des Menschen in nichts verschieden.

Die *Elastica interna* hat an der Wirbelbildung keinen Antheil und ist gerade an Wirbelsäulen mit gut entwickelten Wirbeln am schönsten ausgeprägt. Meiner Auffassung zufolge entspricht diese Haut der structurlosen Chordascheide der Embryonen der höhern Wirbelthiere und darf vielleicht, wie ich es von dieser angenommen, als ein Ausscheidungsprodukt der Chordazellen angesehen werden.

3. Einer bindegewebigen Scheide, *Tunica fibrosa*, eigentliche Scheide der Chorda.

Diese an der Wirbelbildung allein betheiligte Lage der Chorda zeigt an nicht verknöcherten Chorden verschiedene Modificationen von Bindegewebe meist mit eingestreuten Zellen, die hier nicht weiter besprochen werden sollen. Bei ossificirenden Chorden zeigt diese Schicht einen besonderen später zu schildernden Bau, besteht jedoch ursprünglich ebenfalls aus faseriger Bindesubstanz.

4. Einer äussern elastischen Haut, *Elastica externa*.

Diese, wie es scheint, von Leydig bei Chimära zuerst gesehene Hülle ist meinen Untersuchungen zufolge allgemein verbreitet. Dieselbe erscheint als eine meist homogene Haut, die in der Mehrzahl der Fälle verschieden grosse Oeffnungen besitzt, so dass sie einer gefensterten Haut von Arterien täuschend ähnlich wird. Ihre Stärke variirt von 0,0005—0,008''', so zwar, dass sie bei Wirbelsäulen mit permanenten Chorden stärker ist als bei andern, bei denen sie schliesslich verloren geht. An der Ossification der Chordascheide nimmt diese Haut keinen Antheil, doch war ihre Auffindung und weitere Verfolgung von der grössten Bedeutung für die Erkenntniss der Betheiligung der Chordascheide an der Wirbelbildung und Ossification, weil dieselbe auch an entwickelten Wirbeln oft noch zu erkennen ist und die Grenze zwischen den aus den Bogen und aus der Chorda hervorgegangenen Theilen scharf markirt.

B. Betheiligung der eigentlichen Scheide der Chorda an der Wirbel-Bildung.

Während, wie längst bekannt, die obern und untern Bogen ausserhalb der Chordascheide in der sogenannten äussern Chordascheide oder der skelettbildenden Schicht sich entwickeln, geht nach J. Müller bei mehreren Fischen, insonderheit den Plagiostomen der Körper der Wirbel aus der eigentlichen Scheide der Chorda hervor. Diess ist im Allgemeinen richtig, jedoch nicht so zu verstehen, als ob die Bogenstücke oder die äussere skelettbildende Schicht gar keinen Antheil an der Bildung der Wirbelkörper nähmen; dieselbe geht vielmehr, wie diess von einzelnen ausgezeichneten Fällen (vordere Wirbel von Raja, Chimära, Wirbel von Xiphias etc.) auch J. Müller bekannt war, oft in sehr grosser Ausdehnung auch in die Zusammensetzung der Wirbelkörper ein. Fasst man die Hauptverhältnisse ins Auge, so ergeben sich folgende drei Typen der Entwicklung der Wirbelkörper:

1. Der Wirbelkörpel geht einzig und allein aus der Scheide der Chorda hervor.
2. Der Wirbelkörper bildet sich zum Theil aus der Scheide der Chorda, zum Theil aus der äussern skelettbildenden Schicht.
3. Der Wirbelkörper entsteht einzig und allein aus der äussern skelettbildenden Schicht.

Wir fassen nun im Folgenden diese drei Typen der Reihe nach etwas genauer ins Auge.

Erster Typus.

Der Wirbelkörper geht einzig und allein aus der Scheide der Chorda hervor.

Von Selachiern gehören hierher Hexanchus, Heptanchus und wahrscheinlich Echinorhinus, den ich nicht aus eigener Anschauung kenne, ferner alle Leptocephalidae. Uebergänge zum nächsten Typus, die jedoch wegen der geringen Betheiligung der Bogen an der Bildung der Körper auch hier mit besprochen werden sollen, bilden die Gattung Centrophorus, Acanthias, Scymnus und Squatina, zu denen wahrscheinlich auch die nicht untersuchten Centrina, Spinax und Centroscyllium gehören.

1. Die einfachsten Verhältnisse bieten die vordern Wirbel von Hexanchus dar, die schon J. Müller richtig angegeben hat. Eine mächtige Chorda vertritt hier die Stelle der Wirbelkörper und verbindet sich oben und unten innig mit den knorpeligen Bogen, so jedoch, dass die Grenzen der Chordascheide überall deutlich sind. Aeusserlich ohne Spur von Gliederung zeigt diese Chorda im Innern bestimmt die Wirbelsegmente, indem von Stelle zu Stelle die dicke, in Faserknorpel umgewandelte Scheide derselben nach Innen gewuchert ist und in Form von dünnen, mit einem kleinen centralen Loch versehenen Scheidewänden die eigentliche Chorda durchsetzt, welche so in viele hintereinander liegende Massen zerfällt, die nur durch dünne Stränge verbunden sind.

2. Wesentlich dasselbe zeigen die vordern Wirbel von Heptanchus (Taf. II. Fig. 1), nur dass hier schon eine Spur von Ossification sich findet, die J. Müller entgangen ist. In jedem Septum (e) nämlich, die hier etwas dicker sind, findet sich nahe an dem die centrale Oeffnung begrenzenden Theile ein zarter Knochenring in Form eines ganz niedrigen Doppelkegels, so dass er eigentlich mehr nur wie ein aussen mit einer Furche versehener platter Ring erscheint. Diese Ossification besteht aus verkalktem Faserknorpel und gehört natürlich ganz und gar der eigentlichen Scheide der Chorda an, die überall mehr weniger schön die Natur eines weichen Faserknorpels hat.

J. Müller zählt auch den Heptanchus zu den Haien, deren Wirbelkörper gar nicht ossificirt seien, es war mir daher, abgesehen von der eben erwähnten zarten Ossification, sehr überraschend, bei Untersuchung der hinteren Hälfte der Wirbelsäule von einem etwa 2′ langen Jndividuum zu finden, dass hier (Fig. 2. 3) ziemlich gut ausgebildete knöcherne Wirbel vorkommen, die schon von aussen kenntlich sind. Zugleich ergab sich bei Vergleichung der vorderen und der hinteren Theile der Wirbelsäule ein so allmäliger Uebergang des einen in das andere Extrem, dass es verhältnissmässig leicht war, die Genese der Wirbel zu construiren.

Die gut ausgeprägten Wirbelkörper am Schwanze selbst bestanden vor allem aus knöchernen Doppelkegeln (Fig. 2 c, Fig 3 a), mit stark vertieften Endflächen und einer ziemlich breiten Oeffnung in der Mitte, die, obschon ziemlich kurz, doch mit den Rändern ihrer Basen schon nahe an die Oberfläche der eigentlichen Chordascheide

reichten. Zwischen je zwei solchen Doppelkegeln oder Wirbelkörpern war die dicke Chordascheide und die Chorda selbst mit einer schönen *Elastica interna* in derselben Weise wie weiter vorn zu sehen, stellte sich jedoch nun als ein mächtiger *Lig. intervertebrale* (Fig. 2 a b) dar. In dem Loch, das die Mitte eines jeden Doppelkegels durchbohrte, befand sich die eingeschnürte Chorda (Fig. 2), doch grenzte diese nicht unmittelbar an den Knochen, vielmehr fand sich zwischen beiden noch eine dünne Lage von Faserknorpel, die unmittelbar in den Faserknorpel des *Lig. intervertebrale* überging. Die äussere Seite der Doppelkegel wurde von einer mächtigen Lage wirklichen hyalinen Knorpels (Fig. 2 e, Fig. 3 d) eingenommen, der, durch Umwandlung des Faserknorpels der Chordascheide entstanden, nun als Theil des Wirbelkörpers selbst erschien und zum Theil das Material abgab, aus dem der knöcherne Doppelkegel sich verstärkte. Während nämlich dieser in seinem innerstem Theile, wie weiter vorn die ersten Rudimente desselben, aus Faserknochen bestand, zeigte er mehr nach aussen ächten Knorpelknochen, wie er bei Plagiostomen so verbreitet ist. Zu bemerken ist übrigens noch, dass genau von der Mitte eines jeden Doppelkegels aus zarte kürzere und längere Leisten oder Zapfen (ich zählte 8) in den Knorpel sich erstreckten (Fig. 3 c), so dass der Wirbelkörper auf dem senkrechten Querschnitte das zierliche Bild eines Ringes mit 8 Strahlen darbot.

Zu diesem ossificirten Doppelkegel gesellten sich nun noch und zwar um so deutlicher, je weiter hinten man untersuchte, zwei oberflächliche zarte Knochenplatten (Fig. 2 d, Fig. 3 e), ebenfalls von Knorpelknochen, die die Seiten des Wirbelkörpers einnahmen, und in der Längsrichtung der Wirbelsäule so weit sich erstreckten, dass sie die Ränder der Basen der Doppelkegel nahezu berührten, ohne jedoch mit ihnen verbunden zu sein. Mit andern Worten: es schlossen diese Knochenplatten rechts und links den in der äussern Aushöhlung der Doppelkegel befindlichen Knorpel so ziemlich ab, so zwar, dass sie zwischen demselben und der äussern, die Wirbelkörpersäule bekleidenden und von der äussern skelettbildenden Schicht abstammenden Beinhaut sich befanden. Die Genese dieser äussern „Seitenschilder" war nicht leicht zu ermitteln und konnte nur durch genaue Würdigung der Umwandlung der äussern elastischen Hülle der Chorda bestimmt werden. Geschah dieses, so ergab sich, dass nach innen von den fraglichen Seitenschildern eine dünne Knorpellage sich befand, die aus der seitlichen Verschmelzung

der obern und untern knorpeligen Bogen entstanden war, worauf dann erst die Reste der *Elastica externa* der Chorda in Form kleiner, isolirter, in einer bestimmten gebogenen Ebene liegenden elastischen Plättchen und Fetzchen folgten, die nur für den mit diesen Verhältnissen ganz Vertrauten als das sich erkennen liessen, was sie wirklich waren. Somit gehören die Seitenplatten nicht der Chordascheide, sondern der äussern skelettbildenden Schicht und zwar den Bogen an, woraus weiter folgt, dass die hinteren Wirbelkörper von Heptanchus wenn auch vorzüglich doch nicht allein aus der Chordascheide hervorgehen und somit zum zweiten Typus gehören. Einmal gebildet scheinen die Seitenschilder von beiden Seiten aus sich zu verdicken, von innen auf Rechnung des Knorpels, der immer mehr unter gleichzeitigem Schwinden der letzten Reste der *Elastica externa* mit dem aus der Chordascheide selbst hervorgegangenen Knorpel verschmilzt und von Aussen auf Kosten eines innen an dem Periost sich entwickelnden Faserknorpels; doch ist Heptanchus zur Ermittlung dieser Verhältnisse kein günstiges Objekt, weil hier die Seitenschilder nirgends eine grössere Dicke erreichen.

Eine sehr bemerkenswerthe Thatsache ist noch die, dass bei Heptanchus im hintern und vordern Theil der Wirbelsäule die Zahl der Wirbel um das doppelte grösser ist als in der Mitte. An Längsschnitten grösserer Stücke Wirbelsäule aus der Mitte des Körpers erkennt man leicht, dass hier die Wirbelkörperrudimente in den *Septis* der Chorda gerade um das Doppelte so weit von einander abstehen, als hinten die ausgebildeten Doppelkegel und vorn die Scheidewände, und im Grenzgebiete der drei Abschnitte zeigt sich, dass dieses auffallende Verhalten daher rührt, dass an gewissen Stellen zwischen den schon vorhandenen Scheidewänden und Wirbelkörperanlagen genau in der Mitte neue auftreten, die dann bald so weit sich organisiren, wie die andern. Das gehörige Verständniss dieser auffallenden Verhältnisse wird erst dann sich aufthun, wenn die embryonale Entwicklung dieser Wirbelsäule genau bekannt sein wird. Bemerkenswerth ist übrigens, dass die Zahl der Bogenstücke und Rückenmarksnerven in der ganzen Länge der Wirbelsäule dieselbe ist, so dass mithin den Wirbelkörpern in der Mitte derselben immer 2 obere und 2 untere Bogen entsprechen, und möchte ich fast glauben, dass die Wirbelkörper ursprünglich in der ganzen Länge der Wirbelsäule nur in der halben Zahl sich anlegen und dann erst secundär von vorn und hinten gegen die Mitte sich verdoppeln.

Nun noch die Bemerkung, dass höchst wahrscheinlich auch Hexanchus, von dem ich nur vordere Wirbel zu untersuchen Gelegenheit hatte, und Echinorhinus im hintern Theile ihrer Wirbelsäule ähnliche Verhältnisse darbieten werden, wie Heptanchus.

3. Von den übrigen Selachiern nähert sich Centrophorus granulosus (Fig. 4. 5) durch die Einfachheit der Wirbelsäule noch am meisten den oben beschriebenen zwei Gattungen, ja es steht derselbe insofern noch unter Heptanchus, als der hintere Theil seiner Wirbel nicht mehr verknöchert ist, als die vorderen. Die eigentliche Chorda von Centrophorus bildet einen zusammenhängenden ziemlich starken Strang, der statt durch Dissepimente der Scheide abgeschnürt zu sein, wie bei Heptanchus und Hexanchus, so ziemlich überall gleich breit ist und an der Stelle der Wirbelkörper nur leichte Einschnürungen besitzt. Umgeben ist diese Chorda von einer mächtigen Scheide, die mit den obern und untern knorpeligen Bogen sich verbindet, so zwar, dass am vorderen Theile der Wirbelsäule die Masse der Bogen die Chordascheide rings umgibt, am Schwanze dagegen, wo die obern und untern Bogen nicht zusammenstossen, die Seiten der Chordascheide frei zu Tage liegen.

Die Wirbelkörper des Centrophorus sind knorpelige Hohlcylinder mit einer schwachen Ossification mitten im Knorpel, die, wie schon eine oberflächliche Besichtigung lehrt, grösstentheils aus der eigentlichen Scheide der Chorda sich entwickelt haben. Da jedoch die knorpeligen Bogen aufs innigste mit der knorpelig gewordenen Chordascheide verschmolzen sind, so ist es doch nicht leicht genau zu bestimmen, wie viel von dem Wirbelkörper auf Rechnung der Chordascheide und wie viel auf die der Bogen kommt. Massgebend für die Entscheidung war, dass es auch hier gelang, die Reste der *Elastica externa* der Gesammtchorda aufzufinden, wodurch die Grenze beider Theile genau bestimmt wurde. An den vordern Wirbeln waren diese Reste in der äussern Knorpellage zu sehen, und zwar am deutlichsten seitlich, so dass etwa $^1/_3$ dieser Schicht auf Rechnung der Bogen, $^2/_3$ auf die der Chordascheide kamen. Je weiter nach hinten, um so oberflächlicher lagen diese Reste und endlich bildeten dieselben nahezu die äusserste Begrenzung der Körper und stiessen fast unmittelbar an ein Perichondrium, das schon zur äussern skelettbildenden Schicht gezählt werden musste. Da, wo die Bogen selbst sassen, war die *Elastica externa* meist fast ganz verschwunden, doch

liess sich auch hier aus einer etwas verschiedenen Färbung des Knorpels und einer etwas andern Anordnung der Knorpelzellen innen und aussen (innen in Reihen, aussen mehr in unregelmässigen Häufchen) erkennen, wo das eine Gebiet aufhörte und das andere begann.

Ueber die Beschaffenheit der Wirbel sei nun noch folgendes bemerkt. Die Ossification (Fig. 4 a, Fig. 5 a), von der Structur eines Knochenknorpels, hatte die Gestalt eines mässig breiten dünnen Ringes mit concaver Aussenseite, oder, wenn man will, die eines weiten, wenig eingeschnürten hohlen Doppelkegels. Innen davon befand sich eine starke Lage hyalinen Knorpels (Fig. 4 b, Fig. 5 b) mit concentrisch angeordneten mehr länglichen Zellen, welche unmittelbar die Chordensubstanz mit ihrer zarten *Elastica interna* umschloss. Aussen an dem knöchernen Ringe war ebenfalls eine Knorpellage (Fig. 4 d, Fig. 5 d), deren Zellen, so weit als sie aus der Chordascheide hervorgegangen waren, auf senkrechten Querschnitten eine entschieden radiäre Anordnung in radiärstreifiger Grundsubstanz zeigten. Mit der äussern und innern Knorpellage hingen die ebenfalls aus der Chordascheide hervorgegangenen *Lig. intervertebralia* unmittelbar zusammen, so dass eine scharfe Grenze beider nicht existirte, obschon die letztern in ihrer Hauptmasse aus Bindegewebe mit Saftzellen, die Knorpelzellen mehr weniger ähnlich waren (Faserknorpel), bestand.

Dem Gesagten zufolge findet sich auch hier wie bei Heptanchus bei der Wirbelbildung eine Umwandlung einer scheinbar aus ächtem Bindegewebe bestehenden Chordascheide in hyalinen Knorpel, eine Thatsache, die sehr zu Gunsten derer zu sprechen scheint, die die Fasersubstanz des Bindegewebes einfach für Jntercellularsubstanz der Saftzellen ansehen. Es ist jedoch zu bedenken, dass es nichts weniger als ausgemacht ist, ob die Fasersubstanz der Chordascheide wie das gewöhnliche Bindegewebe aus Zellen hervorgeht und so lange dies nicht geschehen ist, kann die bezeichnete Thatsache auch keinen Anspruch auf eine grössere Tragweite machen.

d) An Centrophorus schliessen sich zunächst die Wirbel von Acanthias (Fig. 6, 7) an, doch ist bei dieser Gattung die Betheiligung der äussern skelettbildenden Schicht an der Bildung der Wirbelkörper schon eine bedeutendere, obgleich immer noch die Hauptmasse derselben aus der eigentlichen Chordascheide hervorgeht. Die knöchernen Doppelkegel (Fig. 6 d c) sind viel besser ausgebildet als bei Centrophorus, zeigen die characteristische Sanduhrform und bestehen innen aus Faserknochen, aussen aus Knorpelknochen. Nach innen

von ihnen liegt eine dünne Lage hyalinen Knorpels (Fig. 6 b), worauf dann eine schöne *Elastica interna* mit kleinen spaltenförmigen Lücken und die eigentliche Chordensubstanz folgt. Nach aussen von den knöchernen Doppelkegeln findet sich eine mächtige Knorpelschicht, von der, wie die ringsherum deutlichen Reste der *Elastica externa* (Fig. 6 g) beweisen, der Chordascheide ihren Ursprung verdankt und in derselben Weise wie bei Centrophorus durch Färbung und Stellung der Knorpelkapseln von dem aussen angrenzenden Knorpel der Bogen sich unterscheidet. Dieser (Fig. 6 h) bekleidet an allen Wirbeln auch seitlich mit einer dünnen Lage die aus der Chorda entstandenen Theile, und zeigt auch ausserdem sowohl seitlich, als oben und unten gegen den Gefäss- und Rückenmarkskanal zu, eine dünne oberflächliche Verknöcherung (Fig. 6 i) von gewöhnlichem Knorpelknochen, die an den Schwanzwirbeln auch wenigstens mit den Rändern der Basen des innern Doppelkegels sich vereinen, so dass, anders ausgedrückt, jeder Wirbel hier aus vier äussern Knochenplatten und einem innern Doppelkegel besteht, die an den Enden verschmolzen sind, und in dem freien Zwischenraume Knorpel zwischen sich enthalten.

e) Fast genau wie Acanthias verhält sich Scymnus lichia, so dass es genügt, einige wenige Punkte hervorzuheben. Der knöcherne Doppelkegel besteht aus 3 innig verschmolzenen Lagen. Zu innerst liegt eine dünne Lage von Knorpelknochen, die auf Kosten einer nach innen gelegenen Schicht hyalinen Knorpels entstanden ist. Dann folgt eine stärkere Schicht von Faserknochen mit circulärer Anordnung der Zellen und faseriger Grundsubstanz, endlich wieder Knorpelknochen mit dichtstehenden mehr radiär gestellten Zellen. Die innere Knorpellage zeigt am Schwanze eines 3′ langen Exemplares um nahezu alle Knorpelkapseln Ablagerungen von Kalk in Gestalt von feinen Granulationen. Die *Elastica interna* ist sehr schön, wie eine elastische Netzmembran mit Lücken und die Chordasubstanz selbst, wenigstens in der Aushöhlung der Wirbelendflächen deutlich. Im engsten Theile der Wirbel dagegen befindet sich, besonders deutlich am Schwanze, merkwürdiger Weise an der Stelle der Chorda eine compacte Verknöcherung, an der ich jedoch auch nach dem Ausziehen der Kalksalze keine Structur auffinden konnte, das einzige bis jetzt bekannte Beispiel von einer Verknöcherung der eigentlichen Chorda. Die äussern Theile der Wirbelkörper stimmen, was den Knorpel, die Reste der *Elastica externa*, die Erstreckung der Knorpel-

masse der Bogen und die Verknöcherung der letztern anlangt, ganz mit Acanthias überein.

f) So eigenthümlich die Wirbel von Squatina (Fig. 8) auch aussehen, so stimmen sie doch bis auf einen Punkt ganz mit denen von Acanthias. Wie J. Müller zuerst gezeigt hat, bestehen hier die Wirbelkörper aus abwechselnden Schichten von Knorpel und Knochen, doch blieb Müller, auch nachdem er die Bedeutung der Chordascheide für die Wirbelbildung aufgefunden hatte, darüber im Zweifel, inwieweit diese Wirbelkörper auf Rechnung der Chordascheide zu setzen seien. Auch mir war es an einem ausgebildeten, 2′ langen Exemplare nicht möglich, diese Frage zu einem bestimmten Entscheide zu bringen, indem sich hier keine Spur der *Elastica externa* der Chordascheide auffinden liess. Dagegen gelang es mir an einem jungen Jndividuum von 2″ Länge dieselbe in ihren Resten zu erkennen und zwar nach aussen vom oberflächsten Knochenringe des Körpers und einer denselben unmittelbar begrenzenden Knorpellage mit radiär gestellten Zellen. So ergab sich, dass der ganze sonderbar geschichte Wirbelkörper aus der Chordascheide hervorgeht.

Einzelnheiten anlangend bemerke ich folgendes. Der Wirbelkörper besteht zu innerst aus einem compacteren Doppelkegel (Fig. 8 a), der dem von Acanthias entspricht und ebenfalls innen aus Faserknochen, aussen aus Knorpelknochen besteht. Nach innen und vorn liegt hyaliner Knorpel, ebenfalls aus der Chordascheide entstanden, dann die *Elastica interna* und Chorda selbst. Nach aussen folgen da, wo Acanthias nur Knorpel zeigt, abwechselnd, je nach dem Alter der Thiere, mehr weniger Lagen von hyalinem Knorpel mit radiär gestellten Zellenreihen und Lamellen von Knorpelknochen (Fig. 8 b). Auf die äusserste aus der Chorda entstandene Lage von Knorpel folgt dann, auch seitlich, noch ein dünner Knorpelüberzug, der von den rings verschmolzenen Bogen herrührt und am Schwanze auch eine oberflächliche schwache Ossification zeigt.

Besonders auffallend war, dass, wie noch Niemand erwähnt hat, in die Wirbelkörper von Squatina eine nicht unbeträchtliche Zahl von Blutgefässen radiär von aussen, zum Theil bis in oder an den innersten Knochenring eindringen. Schon von blossem Auge unterscheidet man die Gefässe enthaltenden Kanäle, deren Wände auch in den Knorpellamellen verkalkt sind, als weisse oder röthliche

Züge und das Mikroskop gibt über die Existenz der Gefässe noch bestimmteren Aufschluss, doch war es mir bis jetzt nicht möglich, das genauere Verhalten derselben zu bestimmen.

g) Unter den Leptocephaliden gibt es welche, bei denen jede Verknöcherung an der Wirbelsäule ganz fehlt, andere, bei denen sie nach dem hier besprochenen Typus angelegt ist. Da die Wirbelsäulen dieser Fische noch fast ganz unbekannt sind, so erlaube ich mir, auch die ersteren kurz anzuführen.

Tilurus Gegenbauri mihi *) hat keine Spur von Ossification an der ganzen Wirbelsäule, ja es ist mir nicht einmal geglückt, etwas von knorpeligen Bogen aufzufinden, so dass mithin die Wirbelsäule ganz an die der Cyclostomen sich anschliessen würde. Die Chorda ist beiläufig birnförmig im Querschnitt mit einer scharfen Kante nach unten und einem abgerundeten Rande oben, so jedoch, dass der obere Drittheil wie abgeschnürt und etwas schmäler erscheint als die Mitte. Eine homogene Scheide von 0,005''' Dicke umhüllt das Ganze und im Innern findet sich nichts als eine Reihe ganz colossaler Zellen, deren Höhe (0,35''') und Breite (0,15''') auch die der Chorda ist und deren Länge 0,16''' beträgt (Taf. III. Fig. 2). Die Wandungen dieser Zellen messen kaum 0,001''' und ihr Inhalt ist eine wasserklare Gallerte, allem Anschein nach ohne Zellenkern, über deren genauere Beschaffenheit ich nichts mittheilen kann. Aussen wird die Chorda dicht umhüllt von der skelettbildenden Lage, die zwar in gewöhnlicher Weise ein häutiges Rohr für die *Arteria* und *Vena caudalis* bildet, das mit einer nach unten vorspringen Leiste endet, dafür aber oben um so sonderbarer sich verhält, indem der Kanal für das bandförmige Mark (Taf. III, Fig. 1 g) ganz genau den obern Contouren der Chorda folgt und wie ein halbmondförmiger Ansatz derselben erscheint, von dem keine weitere Leiste nach dem Rücken sich erhebt. Die beschriebenen Theile alle sind, wie ich es schon von Leptocephalus und Helmichthys an einem andern Orte geschildert habe, von einer mächtigen Lage von gallertigem Bindegewebe (Taf. III, Fig. 1 d) umhüllt und von der Muskelschicht (b) getrennt.

Hyoprorus messanensis mihi **) stimmt durch den Mangel jeglicher Verknöcherung des vorderen grössten Abschnittes der Wirbel-

*) Siehe Würzb. Verhandl. IV. pag. 100. Synonym mit Tilurus trichiurus Kaup. (Catalogue of apodal fish, of the British Museum, London 1856) und Leptocephalus trichiurus Cocco.

**) Siehe Würzburger Verhandlungen IV. pag. 101.

säule ganz mit Tilurus überein, dagegen sind die letzten 56 Wirbel, die übrigens nur eine Länge von 8''' einnehmen, leicht ossificirt. Die Chorda von mehr einfach birnförmiger Gestalt auf dem Querschnitte und 0,19''' Höhe besteht, abgesehen von der 0,002''' dicken Hülle, wenigstens in den mittleren Theilen des Körpers, wesentlich aus einer einzigen Reihe von grossen, in der Seitenansicht rundlich-eckigen Zellen (Taf. III. Fig. 4 d), die, wenn auch nicht ganz, doch nahezu der Zahl der Rückenmarksnerven und obern Bogen entsprechen. Abweichend von Tilurus liegen aber hier je zwischen zwei grossen Chordazellen, deren Längserstreckung 0,13''' beträgt, in einer zwischen denselben oberflächlich gelegenen Ringfurche noch eine gewisse Zahl kleiner rundlicher Zellen von 0,016—0,032''' Grösse in 1—2 Reihen, die mithin wie besondere Ringzonen bilden (Taf. III. Fig. 4 e). Die äussere Scheide verhält sich wie bei Tilurus, nur ist der Kanal für das Mark hier mehr herzförmig und finden sich o b e r e K n o r p e l b o g e n, die sich jedoch nicht berühren.

An den letzten 56 Wirbeln finden sich einmal ganz zarte Ossificationen in Gestalt von dünnen Hohlcylindern in der Scheide der Chorda und ausserdem auch leichte Knochenkrusten unter dem Perichondrium der obern Bogen. Beiderlei Ossificationen sind ohne Structur, wenigstens ohne Zellen und Röhrchen und so zart, dass sie nur schwer zu erkennen sind. Untere Bogen fehlen auch am Schwanze, dagegen finden sich, soweit als die Flossen reichen, knorpelige Flossenstrahlträger und 2 mal gegliederte homogene, wie es scheint an der Basis leicht verkalkte, je aus 2 Hälften gebildete Flossenstrahlen, die an den Spitzen in Büschel von Fasern, wie die Hornfäden gewisser Flossen ausgehen. An der eigentlichen Chorda bilden am Schwanze die kleineren oberflächlichen Zellen eine g a n z z u s a m m e n h ä n g e n d e Rindenschicht.

Die Gattungen L e p t o c e p h a l u s und H e l m i c h t h y s*) weichen von Hyoprorus wesentlich darin ab, dass sie nicht bloss am Schwanze, sondern i n d e r g a n z e n L ä n g e der Wirbelsäule verknöcherte

---

*) Dr. K a u p in Darmstadt hat in seiner oben citirten Schrift die Gattungen Leptocephalus und Helmichthys zusammengezogen, obgleich ich schon im Jahre 1853 solche anatomische Unterschiede beider verzeichnet hatte, dass darum leicht ersichtlich war, dass beide Genera, trotz der Aehnlichkeit in der Form doch ganz gute sind (Zeitschr. f. wiss. Zool. VI. S. 360—366). Helmichthys hat rothes Blut, Leptocephalus farbloses, ausserdem zeigt das Gehirn Verschiedenheiten, ebenso der Magen und fehlt bei Leptocephalus die Gallenblase, die bei Helmichthys da ist.

Wirbelkörper (a) besitzen, doch sind diese kaum mehr entwickelt als bei Hyoprorus und bestehen immer noch aus ganz dünnen, mit einer weiten gleichmässig breiten Höhlung versehenen Cylindern. Obere Knorpelbogen (b) finden sich an allen Wirbeln und untere wenigstens am Schwanze. Beide Gattungen zeigen die Eigenthümlichkeit, dass am Schwanze die Bogen mehr weniger verknöchert sind. Bei Helmichthys sind hier die untern Bogen rein knorpelig, dagegen haben die obern ringsherum eine dünne Knochenkruste, die ausserdem noch mit schwachen flügelförmigen Anhängen versehen ist, so dass die Bogen in der Seitenansicht dreiekig erscheinen. Bei Leptocephalus (untersucht wurde eine Art, die durch die Dicke des Leibes an Helmichthys erinnert) haben beiderlei Bogen eine Knochenkruste mit flügelförmigen Anhängen, die jedoch bei den obern Bogen stärker sind als bei den unteren, und im Allgemeinen die von Helmichthys übertreffen. Mit Hinsicht auf das Histologische, so ist das Knochengewebe der Wirbelsäule von Helmichthys ganz aus homogener, scheinbar structurloser Substanz gebildet, was dagegen Leptocephalus anlangt, so habe ich die Beobachtung gemacht, dass die obern und untern Bogen der Schwanzwirbel ächte Knochenzellen enthalten. Da ich in meiner Abhandlung über den Bau des Knochengewebes der Fische die Leptocephaliden zu den Fischen gestellt habe, welche keine Knochenzellen enthalten, so war mir natürlich diese Beobachtung sehr überraschend und suchte ich durch weitere Verfolgung der Sache möglichst auf den Grund zu kommen. Hierbei zeigte sich, dass ausser den genannten Bogen auch noch die Wirbelkörper der Schwanzwirbel spärliche Knochenzellen führen und dass von den Knochen des Schädels wenigstens das *Sphenoidale basilare* dieselben ganz schön zeigt. In den andern Knochen fand ich auch diesmal nichts von Zellen. Auch bei Helmichthys traf ich Knochenzellen, jedoch bisher nur im *Sphenoidale basilare.* Diesem zufolge wird eine weiter ausgedehnte Untersuchung wohl ergeben, dass auch die Leptocephaliden zu den Fischen mit Knochenzellen zu stellen sind, obschon allerdings manche dünne Knochen derselben ganz homogen erscheinen.

Die Chorda von Leptocephalus, die ich in ihrer ganzen Länge untersucht habe, zeigt in verschiedenen Gegenden verschiedene Structurverhältnisse. Ganz vorn besteht sie nur aus einer einzigen Reihe sehr grosser Zellen, dann kommt eine Gegend (Taf. III. Fig. 3), wo immer zwischen zwei Zellen eine Zone kleinerer ringsherumgeht.

Am Schwanze endlich sind die grösseren Zellen überall aussen von einer Schicht kleinerer Zellen bekleidet, welche letzteren zuletzt bis zu 0,002—0,003''' herabsinken. Wir sehen so die Differenz, die auch bei grossen Chorden zwischen Rinde und Centrum besteht, selbst bei den einfachsten Organen dieser Art schon ausgeprägt.

Bei Helmichthys verhält sich die Chorda im wesentlichen wie bei *Leptocephalus*, nur fehlen die Zonen kleinerer Zellen auch ganz vorn nicht.

Das vordere Chordaende habe ich nur bei *Leptocephalus*, *Helmichthys* und *Tilurus* untersucht, da ich den Kopf des einzigen Exemplares von *Hyoprorus* nicht opfern mochte. Bei allen 3 Gattungen verschmälert sich die Chorda am Schädel auf einmal sehr bedeutend, und geht schliesslich in eine abgerundete Spitze aus, welche in der Gegend des hinteren Endes des *Sphenoidale basilare* liegt. Bei *Leptocephalus* glaube ich bestimmt gesehen zu haben, dass nur der hintere Theil des Schädeltheiles der Chorda im Basilarknorpel drin steckt, während das vordere Ende derselben an der untern Seite des genannten Knorpels jedoch zwischen ihm und einer Art Perichondrium seine Lage hat, so dass die Spitze bis zu dem Punkte reicht, wo das *Sphenoidale basilare* hinten in zwei Zacken ausläuft. Dasselbe muss ich auch von dem Verhalten der Chorda bei *Helmichthys* sagen, während bei *Tilurus* sogar der ganze Schädeltheil der Chorda nur in einer Furche des Basilarknorpels zu liegen schien, was jedoch bei der Schwierigkeit der Untersuchung und dem einzigen zur Disposition stehendem Individuum nicht mit der nöthigen Besimmtheit zu ermitteln war. Bei *Tilurus* schien der ganze Schädeltheil der Chorda nur eine einzige lange Zelle zu enthalten, während bei den beiden andern Gattungen eine einfache Reihe immer kleiner werdender Zellen da war. Sehr bemerkenswerth ist es endlich, dass bei *Leptocephalus* auch der im Basilarknorpel steckende Theil der Chorda eine langgezogene ringförmige dünne Ossification besass, ein ächter Körper des ersten Schädelwirbels!

Dem Gesagten zufolge ist es wohl klar, dass der ganze Basilarknorpel des Schädels dieser Fische den obern Bogen an der Wirbelsäule zu vergleichen ist. Diese obern Bogenstücke verschmelzen am hintern Theile des Schädels rings um die Chorda, so dass dieselbe mitten in der Schädelbasis drin steckt, weiter vorn dagegen erreichen sie sich an der untern Seite nicht und liegt die Chorda blos. Zugleich wird ersichtlich, dass, während am Schwanze die Chorda nach

oben abweicht, am Schädel das umgekehrte statt hat, und somit auch hier Asymetrie (Heterocephalie) da ist.

Ueber das hintere Ende der Chorda kann ich nur von *Leptocephalus* berichten, dass hier eine entschiedene Heterocercie da ist. Das letzte Ende der Wirbelsäule, an dem jedoch kein freiliegender, d. h. von Wirbelkörperringen nicht umgebener Theil der Chorda zu bemerken war, trägt nach unten zwei Knorpelplatten, welche ganz allein die Schwanzflosse stützen, wobei jedoch zu bemerken ist, dass ein Theil des Knorpels der hinteren Platte um das spitze Chordaende nach oben herumwuchert, so dass doch ein kleiner Theil der Flosse über der Chorda zu liegen scheint.

An die Leptocephaliden reihe ich noch die Teleostier-Gattungen Chauliodus und Stomias. Die Chorda von *Chauliodus* bildet in der ganzen Länge der Wirbelsäule einen zusammenhängenden, in der Mitte der einzelnen Wirbel etwas eingeschnürten Strang, der wie gewöhnlich aus kleineren Zellen besteht. Die Wirbelkörper, dünne Hohlcylinder mit einer gewissen Zahl äusserer niedriger Längsblätter sind offenbar Ossificationen der eigentlichen Chordascheide und hängen mit den noch grösstentheils knorpeligen und nur oberflächlich leicht ossificirten Bogen nicht zusammen. Ebenso verhielt sich Stomias, nur sind hier die Bogen stärker verknöchert.

Bei dieser Gelegenheit sei nun auch noch bemerkt, dass wahrscheinlich bei allen Teleostiern die Chordascheide einen Antheil an der Bildung der Wirbelkörper nimmt, wie diess zuerst von J. Müller (Neurol. d. Myx., Separatabdr. pag. 72) für *Xiphias gladius* und die Cyprinen demonstrirt wurde. Es scheinen jedoch die Knochenfische in dieser Beziehung eben so wenig über einen Leist geschlagen zu sein, wie die Plagiostomen, wie schon daraus hervorgeht, dass bei *Xiphias* die Bogen einen grossen Antheil an der Bildung des Körpers haben, während dies bei den Leptocephaliden und Chauliodontiden nicht der Fall ist. Ebenso deutet das Vorkommen eines Knorpelkreuzes in den Wirbeln des Hechtes und Lachses (Williamson l. c.) während die Wirbel von *Perca*, *Silurus*, *Cyprinus* ganz compact sind, auf weitere tief gehende Verschiedenheiten und wird es gewiss von grossem Interesse sein, nun auch die Teleostier ebenso zu verfolgen, wie diess hier mit den Plagiostomen geschehen ist. Hier jedoch bleibt wegen der frühen Entwicklung der Wirbel nichts anderes übrig, als die Embryonen zu studiren, in welcher Beziehung bis jetzt von neuern Untersuchungen nur die von C. Vogt über *Core-*

gonus und die von August Müller (Müll. Arch. 1853) über den Hecht und einige Cyprinen vorliegen, aus denen, abgesehen von dem wichtigen Factum, dass auch sie die Betheiligung der Chordascheide an der Bildung der Wirbelkörper darthun, noch nichts Vollständiges sich construiren lässt. Auffallend ist die Bemerkung des letzten Autors, dass, während beim Hecht die Bogen knorpelig angelegt seien, dieselben bei der Plötze und dem Blei von Anfang an knöchern auftreten, was schon erklären würde, warum die Wirbel der letztern Fische kein Knorpelkreuz enthalten.

Zweiter Typus.

Der Wirbelkörper bildet sich zum Theil aus der Scheide der Chorda, zum Theil aus der äussern skelettbildenden Schicht.

Dieser Bildungsmodus ist in einigen verschiedenen Abarten verwirklicht, die am besten gleich der Reihe nach aufgezählt werden.

1. Die Wirbelkörper entstehen aus der stark ossificirten Chordascheide und aus Theilen der verschmolzenen Bogen, welche wenig verknöchern.

Hierher gehören die Wirbel der Rajae*) und von Torpedo (Taf. III. Fig. 5). Dieselben besitzen im Innern einen kantigen Doppelkegel, der je nach den Gattungen verschiedene Form besitzt. Auf dem Querschnitt erscheint dieser Wirbelkörper an den Enden als ein Ring, in der Mitte als ein Stern (fünf- oder siebenstrahlig bei *Raja*, Williamson, ich, sechs- oder achtstrahlig bei *Torpedo*). In der Form erinnert dieser Stern etwas an die Querschnitte der Wirbel der Haien mit Nickhaut, es besteht jedoch zwischen beiden der grosse Unterschied, dass der Knochenstern der *Rajidae* ganz aus der Scheide der Chorda hervorgeht und somit nur dem innern Sternchen in den Wirbeln von *Mustelus*, *Heptanchus* etc. zu vergleichen ist. Dass dem so ist, ergibt sich aus dem Umstande, dass an jüngern und ältern Zitterrochen die Reste der *Elastica externa* der eigentlichen Chordascheide aussen um den Knochenstern ganz deutlich ausgeprägt sich finden, so jedoch, dass zwischen beiden noch eine mehr minder mächtige Knorpellage mit radiären Zellen, leichtfaseriger Grundsubstanz und schwach weisslicher Farbe vorkommt (man vergl.

*) Man vergleiche Williamson l. c. pag. 670 u. f.

Taf. II. Fig. 13). Rings um diese von der Chordascheide abstammende Knochen- und Knorpelmasse liegt dann noch ein z. Th. mächtiger Knorpelbeleg, herrührend von den unten und seitlich verschmolzenen Bogen, an dem leichte, bei *Torpedo* nur oberflächliche Ossificationen sich finden, und dessen Zellen durch ihre Anordnung in grössere mehr isolirte Haufen von denen des innern Knorpels sich unterscheiden.

Dem Wesen nach zählt auch der vordere Theil der Wirbelsäule von *Chimaera* hierher, obschon die bekannten Ossificationen der Chordascheide nicht eben so vielen Wirbelkörpern entsprechen, indem hier die Bogen und die Chordascheide zusammen die Axe der Wirbelsäule bilden. Die verschmolzenen Bogen sind hier auch da ossificirt (mit einzelnen Plättchen), wo sie der Chordascheide anliegen, was sonst nirgends sich findet, und höchstens bei Torpedo am obern und untern Theil der Wirbel angedeutet ist, woselbst schwache Ausläufer der äussern Knochenkruste in den Knorpel dringen und an die entsprechenden Strahlen des innern Sternes sich anlegen.

2. Die Wirbelkörper entstehen aus der theilweise ossificirten Chordascheide und den ringsherum verschmolzenen Bogen, die mit vier keilförmigen Stücken, rechts und links, oben und unten, ossificiren, und zum Theil mit den aus der Chordascheide entstandenen Doppelkegeln verschmelzen.

Diese Form, die sich bei Scyllium catulus verwirklicht findet, schliesst sich genau an *Acanthias* und *Scymnus lichia* an und gilt alles dort Bemerkte auch hier mit dem Unterschiede, dass die äussern Ossificationen statt dünne Lamellen keilförmige Stücke sind. In der Mitte der Wirbel sind diese Keile weniger ausgesprochen und erreichen die Chordaossification nicht, während sie gegen das vordere und hintere Ende derselben in breite Verbindung mit ihr treten, so dass auf Querschnitten eine kreuzförmige Figur erscheint, die an die der folgenden Abtheilung erinnert. Dass diese 4 Knochenzapfen, die aus Knorpelknochen bestehen, nicht der Chorda angehören, beweist der Umstand, dass auch hier die Reste der *Elastica externa* der Chordascheide innen an denselben nachzuweisen sind. Der Knorpel zunächst um die Chordaossification herum ist auch hier radiär streifig mit radiär gestellten Zellen.

Bei einem 7'' langen Individuum von *Scyllium catulus* waren die Bogenstücke noch nicht verschmolzen und lag die Chordascheide an 4 Stellen oben und unten und seitlich frei, woselbst auch die *Elastica externa* als eine helle scharf begrenzte Zone erschien. Die mächtige Chordascheide war aussen und innen hyaliner Knorpel und zeigte in der Mitte einen dünnen Knochenring, resp. Doppelkegel.

3. Die Wirbelkörper bestehen wesentlich aus der theilweise verknöcherten Chordascheide und aus vier Knochenzapfen, die nicht von den Knorpeln der Bogen, sondern von dem häutig gebliebenen Theile der äussern skelettbildenden Schicht abstammen. Dazu kommen dann noch Theile der obern und untern Bogen.

Es gehören zu dieser Form die Wirbel der Haien mit Nickhaut, die auf dem Querschnitt das bekannte Knorpel- und Knochenkreuz zeigen, jedoch mit Bezug auf ihre Bildungsweise und ihren Bau ausser von Williamson, dem wir einige Mittheilungen über *Carcharias* verdanken (l. c. pag. 676), noch von Niemand untersucht sind. Ich kenne dieselben von den Gattungen *Sphyrna*, *Carcharias*, *Galeus* und *Mustelus* und will von vorneherein bekennen, dass mir die Aufhellung ihrer Entwicklung am meisten Mühe gekostet hat, ja zum Theil nicht ganz gelungen ist. Immerhin kann ich so viel sagen, einmal, dass in diesen Wirbeln ein ganz besonderes Knochengewebe sich findet, das mir sonst von keinem Selachierwirbel bekannt ist und zweitens, dass die vier aus diesem besonderen Gewebe gebildeten Keile nicht aus der Scheide der Chorda ihren Ursprung nehmen, wie diess offenbar J. Müller annimmt, sondern aus der äussern skelettbildenden Schicht.

Schneidet man einen Wirbel von *Sphyrna* (Taf. II. Fig. 9) nahe der Mitte senkrecht und quer durch, so sieht man auf den ersten Blick, dass derselbe nichts von dem weissen Knochengewebe enthält, welches die Wirbel und Knochen der meisten andern Selachier kennzeichnet. In der Mitte des Schnittes erscheint ein schmaler weisslicher Knochenring (a), ein Theil des auf Kosten der Chordascheide entstandenen Doppelkegels, und an diesen schliessen sich dann vier schmale Knorpelzapfen (cc) an, die in die Bogenstücke sich fortsetzen, sowie vier breitere kegelförmige Massen (de), die die Zwischenräume zwischen ihnen erfüllen. Diese keilförmigen Stücke sind gelblich-weiss von Farbe und zeigen in zwei Richtungen

eine besondere Streifung und zwar einmal concentrische, parallel der Oberfläche des Wirbelkörpers verlaufende Linien, und zweitens, jedoch nicht besonders deutlich, auch radiäre Streifen. Machen schon an einem solchen Schnitte diese keilförmigen Stücke als etwas besonderes sich bemerklich, so ist diess an einem mittleren Längsschnitte (Taf. II. Fig. 10) noch mehr der Fall. An einem solchen erkennt man erstens kurze, aber in der Richtung von unten nach oben hohe Doppelkegel (a), die durch mehr dunkle, bräunlichgelbe Farbe scharf hervortreten, ausserdem als Ausfüllungsmasse zwischen den zwei zusammengehörenden Kegeln wieder Keile von der vorhin erwähnten gelblich weissen Knochenmasse (b). Ist der Schnitt genau in der Mitte geführt, so sieht man von den Knorpelzapfen nichts, wohl aber zeigen sich dieselben bei schiefen seitlichen Schnitten in der nämlichen Weise als Ausfüllungsmasse der Doppelkegel, wie die Knochenkegel in der Mitte. Schnitte, die in der Nähe der Enden quer und senkrecht durch die Wirbel geführt sind, zeigen wesentlich dasselbe, wie solche aus der Mitte, nur findet sich hier in der Mitte eine Oeffnung, der Querschnitt der trichterförmigen Endgrube des Wirbelkörpers und werden die weisslichen Knochenzapfen allmälig immer niedriger.

Bezüglich auf den Bau nun, so bestehen die aus der Chordascheide hervorgegangenen Doppelkegel nicht aus dem gewöhnlichen Knorpelknochen der Plagiostomen, sondern mehr aus Faserknochen und zeigen in einer faserigen Grundsubstanz langgezogene Zellen. Die Fasern messen 0,005—0,01‴, verlaufen concentrisch parallel der Oberfläche der Wirbelkörper, hängen vielfach unter einander zusammen und enthalten in schmalen spaltenförmigen Lücken die erwähnten Zellen, an denen keine verkalkten Kapseln gesehen wurden. Dass diese Knochensubstanz wirklich Fasern enthält, geht am besten aus senkrechten Längsschnitten hervor, an denen die Querschnitte der Fasern eine Mosaik rundlich-eckiger Stücke bilden, zwischen denen die Zellen wie ein Netz von Kanälen mit stellenweisen Erweiterungen sich zeigen.

In gewisser Beziehung übereinstimmend, aber doch wieder anders ist die Zusammensetzung der vier keilförmigen Stücke. (Taf. II. Fig. 11.) Dieselben bestehen aus einem schönen verknöcherten Zellengewebe, von dem nicht leicht zu sagen ist, ob dasselbe nur aus dickwandigen Zellen (Knorpelkapseln) oder aus Zellen und Fasern besteht. Aus dem Umstande jedoch, dass in den Maschen dieses Gewebes von

0,01 – 0,015‴ Grösse helle Zellen mit kleiner Höhle und Zellenkern enthalten sind (a), die ganz wie dickwandige Knorpelzellen aus Netzknorpeln aussehen, scheint entnommen werden zu dürfen, dass die verknöcherten Theile eine Zwischensubstanz sind, so dass das Ganze mithin ebenfalls als eine Art Faserknochen angesprochen werden darf. Der Verlauf der Fasern ist im Allgemeinen ebenfalls concentrisch um den innern Doppelkegel herum, doch ist derselbe lange nicht so deutlich, wie in dem innern Doppelkegel und erscheint die von Auge sichtbare concentrische Streifung mehr als der Ausdruck einer schichtenweisen Bildung dieser Knochenmassen.

Eine merkwürdige Bildung sind Fasern (e), die von dem Perioste des Wirbelkörpers, der Bindegewebe mit feineren elastischen Elementen ist, allerwärts in den beschriebenen Faserknochen radiär von aussen nach innen dringen und denselben durchsetzen. Diese Fassern messen 0,002 – 0,005 – 0,01‴, an der Oberfläche selbst bis 0,02‴, sehen faserig aus und auf dem Querschnitt rundlich und sind verkalkt. Aussen hängen sie mit weichen, Bindegewebsbündeln ähnlichen Strängen im Periost zusammen, die meist wie leicht kolbig angeschwollen enden, und nach innen dringen sie bis in die innersten Schichten der keilförmigen Stücke. Von zelligen Elementen sah ich auch nach dem Ausziehen der Kalksalze in diesen besondern Radial-Fasern nichts, dagegen erscheinen sie auf dem Querschnitte oft wie hohl, doch blieb ich schliesslich bei der Ueberzeugung stehen, dass der Anschein einer Höhlung nur durch die grössere Helligkeit der Mitte derselben erzeugt wird.

Ausser diesen Fasern, die das Gewebe der fraglichen Knochenkegel als ganz *sui generis* erscheinen lassen, finden sich in denselben auch noch Blutgefässe. Dieselben liegen in der Gegend, wo die Knochenzapfen an den innern Doppelkegel angrenzen und dringen alle radiär von aussen nach innen, ohne dass ich ihr näheres Verhalten anzugeben im Stande wäre.

Aus den zwei beschriebenen knöchernen Structuren besteht die Hauptmasse der Wirbelkörper von *Sphyrna*. Das Knorpelkreuz im Innern derselben ist hyaliner Knorpel, von dem ein Theil entschieden den Bogen angehört, während die innere Hälfte der Chordascheide ihren Ursprung zu verdanken scheint. Ich schliesse dies aus dem etwas verschiedenen Verhalten der Knorpelzellen an beiden Orten, welches an die Differenzen erinnert, die weiter oben von andern Gattungen erwähnt wurden. Leider gelang es mir hier nicht in

diesen Knorpelstreifen die Reste der *Elastica externa* aufzufinden und so muss denn auch meine Aufstellung für einmal nur Vermuthung bleiben. —

Die Endflächen der knöchernen Doppelkegel sind zunächst von einem weichen Faserknorpel bekleidet, der entschieden Uebergänge in die knöcherne Masse der Doppelkegel zeigt. Dann folgt eine schöne *Elastica interna* und statt der Chorda ein flüssiger Brei mit Resten von Chordazellen.

Im Wesentlichen gleich wie bei *Sphyrna* verhalten sich die Wirbel der andern Gattungen. Bei *Carcharias glaucus* enthalten die Wirbel in der Mitte einen ganz kleinen von der Chorda erfüllten Kanal, während dieselbe zwischen den Wirbeln ganz geschwunden ist und einer hellen Flüssigkeit Platz gemacht hat. Um den Chordarest folgt dann etwas Knorpel und dann der knöcherne Doppelkegel, der hier mehr Knorpelknochen ist, und an seiner Aussenseite in der Mitte vier kurze Kanten trägt, welche auf dem mittlerem Querschnitte wie kurze in die Knorpelzapfen hineinragende Keile erscheinen. Alles andere ist wie bei *Sphyrna.*

Galeus canis (Halswirbel) und *Mustelus vulgaris* stimmen wieder mit *Carcharias* überein, nur erreichen sich die vier äusseren Keile und der innere Doppelkegel in der Mitte der Wirbel nicht. Ein solcher Wirbel zeigt daher in dieser Gegend auf dem Querschnitt folgendes. (Taf. II. Fig. 12 1). Zuinnerst einen kleinen Chordarest, dann Knorpel, drittens einen Knochenring mit 4 gegen die Bogen gerichteten Strahlen, den Querschnitt des innern Doppelkegels. Hierauf folgt eine zusammenhängende Knorpellage, die gegen die knorpeligen und aussen ossificirten Bogen, mit denen sie direct zusammenhängt, in vier keilförmige Stücke ausläuft, und endlich vier äussere Knochenzapfen zwischen den Knorpelstrahlen, die den innern Ring nicht erreichen. Jenseits der Mitte ist dies jedoch der Fall (Tafel II. Fig. 12. 2 3) und zeigt dann der Querschnitt einen centralen Knochenring, von dem 4 stärkere und 4 schwächere und etwas längere Strahlen abgehen, so dass mithin auch der Knorpel in 8 Massen zerfällt, von denen je zwei zusammenhängen und zu einem Bogen gehören. — Der Bau ist auch bei diesen Wirbeln wie bei *Carcharias* und *Sphyrna*, nur sind bei *Mustelus* die radiären Fasern in den äussern Knochenkeilen spärlich und unentwickelt. — Was nun die Entwicklung dieser Wirbelform anlangt, so habe ich wie Williamson zu bedauern, dass mir keine grössere Reihe von jüngeren Thieren zu Gebote stand.

Zwar hatte ich *Musteli* von 7″, allein bei diesen war noch kein Theil der Wirbel verknöchert und verhielten sich dieselben ganz wie die früher beschriebenen von jungen *Acanthias*. Von da an fehlten Zwischenstufen bis zu solchen von 19″, bei denen die Wirbel schon ziemlich stark ossificirt waren, und die *Elastica externa* der eigentlichen Chordascheide nicht mehr deutlich sich erkennen liess, während sie bei den ersten vorhanden war. Immerhin habe ich an dieser wie an den andern Gattungen so viel ermittelt, um Folgendes aufstellen zu können.

1. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der innere Doppelkegel dieser Wirbel wie bei allen Haien mitten in der eigentlichen Scheide der Chorda entsteht und auf Kosten des in Knorpel umgewandelten Restes der Chorda sowohl von innen, als und namentlich von aussen her sich verdickt, an welch letzterem Orte auch in ähnlicher Weise die äussern Leisten von *Carcharias*, *Mustelus* und *Galeus* entstehen.

2. Ebenso scheint es mir ausgemacht, dass die 4 aussern knöchernen Kegel ausserhalb der eigentlichen Chordascheide von der äussern skelettbildenden Schicht gebildet werden, jedoch nicht von den Knorpeln der Bogen aus, sondern von weich bleibenden Zwischenmassen. Untersucht man nämlich die genannten Knochenkeile aus ihrer äussern Oberfläche, so ergibt sich entschieden, dass sie hier wachsen. Man findet nämlich an die Knochenmasse angrenzend ein weiches Bindegewebe mit vielen rundlichen Zellen und kann leicht verfolgen, wie die letztern gegen den Knochen zu zahlreicher werden, in senkrechte Reihen sich ordnen und endlich sammt den zwischenliegenden Fasern verkalken. Auch die eigenthümlichen radiären Fasern gehen, wie schon früher erwähnt, in jene weiche Beinhaut über. Kann demnach auch kein Zweifel sein, dass diese Knochenzapfen von aussen herein wachsen, was auch noch durch die analoge Entstehung der 2—4 oberflächlichen Wirbelossificationen bei den früher geschilderten Haien unterstützt wird, nur dass es bei diesen die verschmolzenen Knorpel der Bogen sind, die ossificiren, so soll damit nicht gesagt sein, dass später diese Keile nicht auch auf Rechnung des innern Knorpels zunehmen, der aus der Scheide der Chorda selbst hervorging. Eine solche Zunahme scheint namentlich an den innern Enden der Keile sich zu finden, besonders da, wo sie mit dem innern Doppelkegel zusammenfliessen, ob auch noch anderwärts, das müssen weitere Untersuchungen ergeben.

Dritter Typus.

Die Wirbelkörper entstehen einzig und allein aus der äussern skelettbildenden Schicht.

Ueber diesen Typus habe ich keine besondern Untersuchungen gemacht und führe ich denselben nur der Vollständigkeit wegen an. Es gehören zu demselben:

1. Die vordersten Wirbel der Rochen, die eine zusammenhängende Masse bilden — welche nur in ihrem hintersten Theile noch den Rest des vorderen Chordaendes enthält, der auch hier noch getrennte Wirbelkörper zeigt — und aus der Verschmelzung der obern und untern Bogen hervorgegangen ist. Die Chorda reicht auch bei den Rochen ursprünglich bis in die Schädelbasis hinein, wird dann aber am Laufe der Entwicklung vorn ganz verdrängt.

2. Die Wirbel der Amphibien, Vögel und Säuger, bei denen Allen die Chorda keinen Antheil an der Bildung der Wirbel zu haben scheint, mögen dieselben so óder so aus der äussern skelettbildenden Schicht hervorgehen. — Bei der geringen Zahl der vorliegenden Untersuchungen über die allererste Entwicklung der Wirbelkörper dieser Thiere erscheint es übrigens am Platze, mit Bezug auf dieselben das Urtheil noch etwas zurückzuhalten, um so mehr, als bereits J. Müller von den Fröschen und Salamandern angegeben hat,*) dass ihre Wirbelkörper als ringförmige Ossificationen der Scheide der Chorda selbst auftreten, auf denen die obern Wirbelstücke aufsitzen. Es möchte nun freilich gerade für die ungeschwänzten Batrachier zweifelhaft sein, ob J. Müller mit der genannten Annahme im Rechte ist, wenigstens kann ich bei einer grossen, etwa $2^1/_2''$ langen Larve eines solchen, die aus Mexiko stammend in vielen Exemplaren in der hiesigen zootomischen Sammlung sich befindet, nichts der Art finden. Da Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelsäule der nackten Amphibien mit Ausnahme derer von Dugès und J. Müller fehlen, so halte ich es für angemessen, etwas ausführlicher auf die Verhältnisse dieser Larve einzugehen.

Es besitzt diese Larve, deren genauere zoologische Bestimmung ich später hoffe geben zu können, eine starke Chorda, welche vom Schädel, woselbst sie spitz mitten im Basilarknorpel in der Gegend

---

*) Osteologie der Myxinoiden S. 242, Neurol. ders. Separatabdr. S. 69 u. 74.

endet, wo der sehmalė und breite Theil des *Sphenoidale basilare* zusammenstossen, bis zum Sehwanzende einen zusammenhängenden eylindrischen Strang bildet, und in der Gegend des Beekens ihre grösste Mäehtigkeit von $^{2}/_{3}$''' erreicht. Bezüglieh auf die Struetur so unterseheidet man an derselben zu äusserst eine *Elastica externa*. Dieselbe ist eine zierliehe, ganz dünne, kaum 0,001''' messende und sehwer zu erkennende Haut, von der Besehaffenheit der elastisehen Netzhäute, welehe ganz und gar aus platten, 0,001–0,003''' und mehr breiten anastomosirenden Fasern besteht. Die Hauptriehtung dieser Fasern ist die quere und sind die Spalten zwisehen denselben fast alle lang und sehmal. Hierauf folgt die eigentliehe Seheide (Taf. III. Fig. 6 e) aus queren, parallelen Bindegewebsbündeln von geringer Breite (0,002–0,004''') ohne Saftzellen und Kerne. In Essigsäure quillt diese Haut stark auf, verdiekt sieh von 0,01—0,015''' auf 0,02–0,03''' und wird seheinbar homogen. Eine *Elastica interna* fand ieh nicht, vielmehr folgte auf die genannte Lage unmittelbar die weiehe Masse der Chorda (f). An dieser bestand die äusserste Lage wie gewöhnlich aus kleineren kernhaltigen Zellen von 0,003 — 0,005–0,01''', die von der Fläehe genau wie ein Pflasterepithel sich ausnahmen, das Innere aus grossen klaren Zellen, an denen jedoch überall wandständig kleine Kerne mit *nucleolis* zu sehen waren. — Umhüllt war die ganze Chorda von der äussern skelettbildenden Sehieht (a), die am Sehwanze nur von geringer Mäehtigkeit war und wie gewöhnlieh den Nerven- und Gefässkanal umsehloss, am Rumpfe dagegen die bedeutende Stärke von 0,08''' erreiehte und überall aus einer faserigen Grundsubstanz mit zahlreiehen, längliehen Saftzellen bestand. —

Knorpelige und knöeherne Theile fanden sieh nur am Rumpfe und zwar folgende:

1. Aeht knöeherne Wirbelkörper von der Form von gelbliehen Ringen, welehe die Chorda genau umgaben.

2. Ein neunter Wirbelkörper aus zwei seitliehen Anlagen bestehend, die in der obern Mittellinie über der Chorda fest zusammenstiessen.

3. Neun paar obere Bogen zu diesen Körpern gehörig, von denen die vordern fast ganz verknöchert waren, während die hintern noeh viel Knorpel zeigten.

4. Ein langer unpaarer in der Mitte verknöcherter Streifen von hyalinem Knorpel in der untern Mittellinie dieht an der Chorda ge-

legen und zum spätern sogenannten Steissbein gehörig (Tafel III. Fig. 6 b).

5. Zwei rudimentäre obere Bogenpaare noch ganz knorpelig über diesem unpaaren Knochen gelegen.

Alle diese Knorpel- und Knochenanlagen befinden sich ausserhalb der *Elastica externa* der Chordascheide in der äussern skelettbildenden Schicht und kann es somit nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass wenigstens hier die Chordascheide selbst an der Bildung der Wirbel keinen Antheil nimmt. Einzelnheiten anlangend bemerke ich noch Folgendes: Die ringförmigen Ossificationen sind Faserknochen, d. h. verkalkte Bindesubstanz der äussern skelettbildenden Schicht, und entwickeln sich nach dem, was ich gesehen habe, in der äussern skelettbildenden Schicht von zwei Punkten aus, die seitlich und über der Chorda, dicht unter den Ansätzen der knorpeligen obern Bogen sich befinden. Die äussere skelettbildende Schicht zeigt nämlich am Rumpfe die Anordnung. Einmal umhüllt dieselbe als ein dicker Ring die Gesammtchorda und zweitens sitzen oben an diesem Ringe, jedoch ohne scharfe Grenze, die obern Bogen auf, die aus hyalinem Knorpel bestehen. Diese Anordnung erinnert nun allerdings sehr an die beim Stör, bei *Chimaera* u. s. w. und begreift man, dass J. Müller die ringförmigen Ossificationen als in der eigentlichen Chordascheide liegend betrachtete, um so mehr, da ringförmige Ossificationen in der äussern skelettbildenden Schicht nicht bekannt waren. Nimmt man jedoch Rücksicht auf die Zusammensetzung der eigentlichen Chordascheide, kennt man die *Elastica externa* derselben, die, wie oben schon gezeigt wurde, ganz allgemein die Chordascheide nach aussen abschliesst, so kommt man zur Ueberzeugung, dass, mag auch das Auftreten dieser ringförmigen Stücke noch so sonderbar sein, dieselben doch nicht der eigentlichen Chordascheide angehören können. Uebrigens bieten sich doch Analogieen auch für diese auffallenden Verhältnisse. Ich erinnere an die Seitenplatten der Plagiostomenwirbel, namentlich an die, welche nicht in knorpeliger Grundlage sich entwickeln, wie bei den Haien mit Nickhaut. Auch bei der hier geschilderten Batrachierlarve nämlich entwickeln sich die Ringe aus zwei Hälften, die erst oben und später auch unten verschmelzen (Taf. III. Fig. 6 c). Dagegen kann ich die Ringe nicht für Analoga der untern Bogen halten aus Gründen, die Jedem ersichtlich sind. Wenn etwas den untern Bogen entspricht, so ist es der unpaare Knorpel und Knochenstreifen, der

zum *Os coccygis* gehört (Taf. III. Fig. 6 b), mit welcher Deutung auch J. Müller einverstanden ist (Osteol. der Myxin. pag. 242) Dieser Knochen und seine Knorpelanlage sind dem ringförmigen Theile der äussern skelettbildenden Schicht ebenso aufgesetzt, wie die obern Bogen, wobei jedoch wieder besonders hervorzuheben ist, dass zwischen Beiden keine scharfe Grenze besteht.

So unvollständig auch diese Beobachtungen sind, so lehren sie doch einen ganz neuen Hergang bei der Bildung einer Wirbelsäule kennen und kann man das Resultat in folgenden Sätzen zusammenstellen:

Die Wirbel des fraglichen Batrachiers entstehen, abgesehen vom Steissbein, auf dessen Genese ich mich hier nicht einlassen kann:

1. aus zwei obern knorpelig präformirten Bogen, die auch die Querfortsätze bilden und
2. aus einem unpaaren Körper, der mit zwei Seitenhälften ohne knorpelig präformirt zu sein, aus der äussern skelettbildenden Schicht hervorgeht und die Chorda ringförmig umgibt.

Was für diesen Batrachier gilt, gilt nun wahrscheinlich auch für alle andern aus der Abtheilung der *Ecaudata*, nämlich, dass die eigentliche Scheide der Chorda keinen Antheil an der Wirbelbildung nimmt. Für *Cultripes* und *Rana paradoxa* ist dies schon von J. Müller und Dugès bewiesen, doch sind bei diesen beiden Gattungen die Verhältnisse allerdings in so fern eigenthümliche, als das unpaare Wirbelelement der hier beschriebenen Larve fehlt. Bei den gewöhnlichen *Ranae*, bei denen nach J. Müller dieses Element in Form von Ringen da ist, wird wohl bei genauerem Zusehen die Sache ebenso sich verhalten, wie bei meiner Larve. Was die geschwänzten nackten Amphibien anlangt, so erscheint es auf den ersten Blick nicht unwahrscheinlich, dass sie, wenigstens die *Perennibranchiata*, *Derotremata* und Cöcilien, bei denen die Chorda zeitlebens in den Wirbelfacetten sich erhält (s. J. Müller in Tiedemann's Zeitschr. f. Phys. IV. 2), wie bei den Fischen, auch in der Entwicklung der Wirbelkörper mit denselben übereinstimmen. Ich glaube jedoch wenigstens für Siredon, dann auch für Salamandra und Triton darthun zu können, dass ihre Wirbelkörper ausserhalb der Chordascheide sich entwickeln. Mein Beweis stützt sich freilich einzig und allein auf die Untersuchung der *Ligamenta intervertebralia* der erwachsenen Thiere, da mir

keine Larven zur Untersuchung vorlagen, allein nichtsdestoweniger glaube ich, dass derselbe stichhaltig ist.

Was vor Allem *Siredon* anlangt, so sind die *Ligamenta intervertebralia*, die die conisch vertieften Facetten der entsprechenden Wirbelkörper einnehmen, keineswegs wie die der Fische gebaut, wie aus J. Müller's kurzer Angabe (l. c.), die in der Osteologie der Myxinoiden und bei Stannius sich wiederfindet, entnommen werden könnte, vielmehr haben dieselben einen ganz eigenen Bau, den ausser Harlan (*Observat. on the genus Salamandra with the anatomy of Salamandra gigantea* Barton *[Menopoma]* in den *Ann. of the Lyceum of New-York*, im Auszuge bei J. Müller in Tiedemann's Zeitschrift IV. 2 S. 204 u. f.) Niemand wahrgenommen zu haben scheint. Harlan sagt, dass die Aushöhlungen der Wirbel gefüllt seien, „*with a ligamento-cartilagineous ball*" und dies ist auch in der That richtig, insofern als bei Siredon (Taf. III. Fig. 7) die Ausfüllungsmasse hauptsächlich aus einem prächtigen, ziemlich festen hyalinen Knorpel besteht, der an die betreffenden Knochenfacetten und an eine dünne faserige die Wirbel verbindende Membran angrenzt und einen soliden derben Doppelkegel bildet. Was jedoch Harlan nicht erwähnt und worüber nur die mikroskopische Untersuchung Aufschluss gibt ist, dass dieser Zwischenwirbelknorpel einerseits an seiner Oberfläche verkalkt ist und so unmittelbar in den knöchernen Wirbelkörper übergeht, anderseits im Innern einen schönen cylindrischen Chordastrang von ungefähr $^1/_3$ des Durchmessers des Ganzen enthält, der in seiner ganzen Länge denselben durchzieht. Dieser Chordastrang wird von einer glashellen ziemlich dicken (von 0,003–0,004''') Scheide umgeben, die von der Fläche fein reticulirt oder faserig aussieht, und auch stellenweise äusserlich wie longitudinale Spalten oder Substanzlücken enthält. Umgeben von dieser Scheide, die in $\overline{A}$ nicht aufquillt und auch keine Saftzellen enthält, liegen unmittelbar dünnwandige schöne Chordazellen von 0,05–0,08''' mit Kernen von 0,006–0,008''', die überall ziemlich von gleicher Grösse sind, wenigstens aussen von keiner Lage kleiner Zellen umgeben erscheinen.

Was bedeutet nun diese intervertebrale Knorpelmasse und was diese Scheide der Chorda im Innern derselben, Fragen, von deren Beantwortung die Entscheidung über die Entwicklung der Wirbelkörper von *Siredon* abhängt? Ich bin entschieden der Ansicht, dass der Knorpel der äussern skelettbildenden Schicht angehört, und dass die fragliche Scheide die gesammte Chordascheide bedeutet. Eine

andere Auffassung ist die, dass die Scheide nur die *Elastica interna* der ursprünglichen Chordahülle darstelle und der Knorpel durch eine Umwandlung der eigentlichen Scheide der Chorda entstanden sei. In diesem Falle könnte der knöcherne Wirbelkörper aus der Scheide der Chorda hervorgegangen sein, im erstern wäre derselbe entschieden ein Product derselben Lage, die auch die Wirbelbogen liefert. Der Grund, warum ich für die erste Ansicht mich entscheide ist der, dass die *Elastica interna* der Chordascheide bei allen andern Geschöpfen eine ganz zarte Lage ist, die fragliche Hülle bei Siredon dagegen eine ziemlich dicke Membran, die nahezu in ihrem ganzen Verhalten fast vollkommen mit der Chordascheide der oben beschriebenen Batrachierlarve übereinstimmt nur dass ihr eine äussere *Elastica* zu fehlen scheint. Ist diese Auffassung richtig, woran ich nicht zweifle, so ist der Knorpel um die Chorda aus der äussern skelettbildenden Schicht hervorgegangen und der Wirbel ebenso, wie, das können nur Untersuchungen an Larven lehren. Ist man einmal mit dem Axolotl so weit im Reinen, so ergibt sich bei Salamandra und Triton die Deutung von selbst. Hier hat jeder Wirbel hinten eine tiefe conische Facette und diese enthält wie bei *Siredon* einen schönen Zapfen hyalinen Knorpels, an der Oberfläche verkalkt und im Innern mit einem Chordastrang, der eine hier zartere homogene Hülle und schöne kernhaltige Zellen zeigt. Dieser Knorpelzapfen mit der Chorda reicht bis an das solide, gelenkkopfartig abgerundete vordere Ende des nächstfolgenden Wirbels und hängt mit diesem, das an der Grenze des Knorpels eine dicke Lage von Knorpelknochen hat, innig zusammen, so dass beim Trennen zweier Wirbel immer die Hauptmasse des Knorpels am hintern Wirbel sitzen bleibt und fast wie ein halbkugeliger Gelenkknorpel erscheint. Ist meine Deutung bei *Siredon* richtig, so gilt sie auch für *Salamandra* und *Triton* und besteht der ganze Unterschied zwischen diesen Thieren darin, dass bei den letztern der jeweilig vordere Theil der *Cartilago intervertebralis* verkalkt ist. Ist man einmal so weit, so versteht man dann auch die Verhältnisse der *Ecaudata*, wo die Wirbel durch Gelenke sich vereinen. Hier nämlich verknöchert der Knorpel am jeweiligen hintern Ende der Wirbel zu einem Gelenkkopf und am vordern zu einer concaven Gelenkfläche. Zugleich eröffnet meine Beobachtung dieser intervertebralen Knorpel nun auch das Verständniss der von Dugès beschriebenen knorpeligen Kugeln, die nach ihm bei Cultripes nach der Anlage der Wirbelkörper zwischen

denselben auftreten und später so verknöchern, dass aus ihnen die beiden Gelenkflächen der Wirbel werden. Diese Kugeln und die knorpeligen Doppelcylinder zwischen den Wirbeln von Siredon sind offenbar dieselben Theile, d. h. Entwicklungen der äussern skelettbildenden Schicht, nur dass sie bei Siredon die Chorda einschliessen, die bei Cultripes fehlt, dessen Wirbel die Chorda nicht umgeben. Diese Kugeln oder intervertebralen Knorpel werden auch bei Fröschen nicht fehlen und sich dann hier so verhalten, wie bei Siredon, und wird es nun überhaupt wahrscheinlich, dass bei allen nackten Amphibien mit Ausnahme von Cultripes und Rana paradoxa die erste Entwicklung so ist, wie bei der oben geschilderten Larve. Wenn dem so ist, ergeben sich dann hier folgende Stadien in der Entwicklung der Wirbelkörper.

1. Es entsteht in der äussern skelettbildenden Schicht aussen um die Chorda aus zwei Hälften ein ringförmiger Wirbelkörper.
2. Dieser Körper verdickt sich zu einem in der Mitte soliden Doppelkegel, und ausserdem tritt an seiner innern Fläche und zwischen je zwei Körpern, immer aus der äussern skelettbildenden Schicht, ein intervertebraler Knorpel auf, der den Chordarest einschliesst. — *Siredon* und wahrscheinlich alle *Perennibranchiata* und *Derotremata*.
3. Der intervertebrale Doppelkegel ossificirt mit seiner hintern Hälfte und die Wirbel erhalten vorn einen Gelenkkopf, während sie hinten noch die Facette, den Knorpel und Chordarest zeigen. — *Salamandra*, *Triton*.
4. Der intervertebrale Knorpel verknöchert ganz und zerfällt hierbei in zwei Stücke, die je mit den entsprechenden Wirbeln sich verbinden und die Gelenkenden derselben darstellen. — *Rana*.

C. Betheiligung der Chorda an der Schädelbildung.

Wenn man weiss, dass die Chordascheide an der Bildung der Wirbelkörper einen so wesentlichen Antheil nimmt, so liegt es nicht gerade fern zu fragen, ob vielleicht etwas ähnliches auch für den Schädel gilt und ob nicht etwa ein Theil der Knochen der Schädelbasis denselben Ursprung nimmt, wie die Wirbelkörper. Meines Wis-

sens hat jedoch noch Niemand diese Frage ins Auge gefasst, selbst J. Müller nicht, dem dieselbe doch sehr nahe liegen musste, und doch scheinen auch hier noch einige interessante Thatsachen verborgen zu sein. Was ich für einmal mittheilen kann, ist freilich nur wenig, doch ist schon das genügend, um den Forschungsgeist anzuregen, und wird hoffentlich in nicht zu langer Zeit auch über dieses schwierige Feld ein besseres Licht sich verbreiten. Das von mir gefundene ist folgendes:

1. Es gibt eine gewisse Zahl von Teleostiern und Haien, bei denen die Chorda zeitlebens in der Schädelbasis sich erhält.

Die hierher gehörigen Teleostier sind nach meinen bisherigen Erfahrungen die Gattungen *Leptocephalus*, *Helmichthys*, *Tilurus* und wahrscheinlich *Hyoprorus*, die oben schon besprochen wurden. Was die Haien anlangt, so kam ich, trotzdem dass mir J. Müller's Ausspruch bekannt war, dass bei Haifischen und Rochen die Gallertsäule im Schädel fehlt (Osteol. d. Myx. pag. 193), auf theoretischem Wege dazu zu vermuthen, dass dem doch bei gewissen Gattungen so sein müsse. Als ich mir nämlich die Frage vorlegte, wie bei Haien mit geringer oder fehlender Ossification der mächtigen Chordascheide, wie bei *Heptanchus*, *Hexanchus*, *Echinorhinus*, *Centrophorus*, das vordere Ende der Chorda beschaffen sein müsse, so musste mir die Vermuthung am Wahrscheinlichsten vorkommen, dass hier dieselben Verhältnisse sich finden, wie beim Stör, und in der That bestätigte die Untersuchung dieselbe vollkommen.

Bei Heptanchus geht die eigentliche Chorda als ein dünner weisser Strang in die knorpelige Schädelbasis hinein und verläuft bis in die Gegend der Hypophysis. Ihr Verlauf ist an den 2 hinteren Dritttheilen ganz gerade, das vordere Ende jedoch biegt sich nach oben um und scheint bis unter das Perichondrium der Schädelhöhle sich zu erstrecken. Ganz ebenso ist die Sache bei Centrophorus granulosus, aber auch Acanthias vulgaris und Squatina mit viel stärker ossificirten Wirbeln zeigen die Chorda weit in den Schädel hinein und mit dem Ende ebenfalls nach oben umgebogen. Dagegen vermisste ich dieselbe bei *Scyllium caniculus*, *Mustelus vulgaris* und *Galeus canis*, doch scheinen auch unter den Haien mit starker Ossification der Wirbelsäule welche vorzukommen, bei denen die Chorda sich erhält, wenigstens hat Stannius in der zweiten

3

Auflage seines Handbuches die Angabe, dass diess bei *Prionodon* der Fall sei. *Hexanchus* und *Echinorhinus* konnte ich leider nieht untersuehen, zweifle aber nicht, dass die Verhältnisse bei ihnen eben so sein werden, wie bei *Heptanchus*.

2. Bei gewissen Fisehen ist die eigentliche Scheide des Anfanges des Schädeltheiles der Chorda zu einem wahren Körper des Hinterhauptwirbels ossifieirt.

Schon oben wurde angegeben, dass eine solehe Ossifieation bei *Leptocephalus* sieh finde und dort auch auf die Bedeutung der Thatsache aufmerksam gemaeht. Ieh kann nun mittheilen, dass etwas der Art aueh noeh andern Fisehen zukommt. Bei *Heptanchus* geht mit der Chorda aueh ihre Seheide in die knorpelige Schädelbasis hineiu, doeh endet die letztere bald und ist nicht ossifieirt. Dasselbe hat bei *Acanthias* statt, hier ist jedoeh die Seheide zu einem unvollständigen, oder besser gesagt, nur zu einem halben Doppelkegel verknöchert, der mit dem ersten Wirbel genau in derselben Weise zusammenhängt, wie die einzelnen Wirbel unter einander. Besonders interessant sind die Verhältnisse von *Squatina*, weil hier gewissermassen die Bildungen der Roehen und Haien miteinander eombinirt sind. Einmal nämlich verbinden sieh hier die verbreiteten knorpeligen untern Bogen des ersten Wirbels mit der knorpeligen Sehädelbasis jederseits dureh ein Gelenk und zweitens findet sieh aueh in der Mitte zwisehen beiden Theilen eine gewöhnliehe Wirbelverbindung dureh ein aus der Chorda hervorgegangenes *Ligamentum intervertebrale*. Von Seiten des Sehädels betheiligt sieh an dieser Verbindung eine Ossification, die, rings um die Chorda gelegen, ziemlich die Form eines Wirbelkörpers besitzt, von den Ossifieationen der benaehbarten knorpeligen Theile des Sehädels getrennt ist und aueh noch Andeutungen des lamellösen Baues der eigentliehen Wirbelkörper zeigt, obsehon dieselbe mehr eompaet ist.

Das ist für einmal Alles, was ich an sichern Thatsaehen mittheilen kann. Immerhin glaube ich noch beifügen zu dürfen, dass, wahrseheinlich alle unpaaren mittleren Ossifieationen des hintersten Theiles der Sehädelbasis von Haien hierher gehören, sowie, dass wenn es sich von den Teleostiern als richtig erweist, dass ihre Wirbelkörper directe Ossificationen der Chordaseheide sind, diess auch für das *Occipitale basilare* oder wenigstens für einen Theil des-

selben richtig sein wird, indem dieser Knochen in seinem hintern Theile eine solche Aehnlichkeit mit Wirbelkörpern besitzt, dass es kaum gedenkbar ist, dass er in anderer Weise als diese sich bildet. Erweist sich diese Vermuthung als richtig, so wäre damit in die Entwicklung des Schädels der Fische ein ganz neues Element eingefügt und die weitere Aufgabe die, nachzuforschen, in wie weit die höhern Thiere nach demselben Plane sich entwickeln. Uebrigens hüte man sich davor, zu glauben, dass nothwendig überall derselbe Entwicklungsgang vorhanden sein müsse, zeigt doch schon die Wirbelsäule bei ihrer Entstehung Abweichungen, die auf eine grosse Breite der Entfaltungen aus der allen Thieren gemeinsamen Uranlage hinweisen.

Zum Schlusse stelle ich nun noch die erhaltenen Resultate in Folgendem übersichtlich zusammen.

I. Chorda dorsalis.

A. Bau.

Die Chorda besteht bei den Plagiostomen, Chimären, Stören und Sirenoiden aus vier verschiedenen Theilen:

1. Der *Elastica externa*, einer homogenen oder gefensterten elastischen Haut,
2. Der eigentlichen Scheide, aus Bindesubstanz mit faseriger Grundlage und meist mit länglichen Saftzellen,
3. Der *Elastica interna*, einer meist netzförmigen elastischen Membran,
4. Der eigentlichen Chorda oder Gallertsubstanz der Chorda, einem einfachen Knorpelgewebe mit kernhaltigen zum Theil sehr grossen Zellen, von denen die äussersten die kleinsten sind.

Anmerkung. Von diesen 4 Lagen scheinen, so weit die Untersuchungen reichen, allen höheren Thieren von den beschuppten Amphibien aufwärts nur 3 und 4 zuzukommen, indem meinem Dafürhalten nach die structurlose Hülle der Chorda dieser Geschöpfe, die man die Scheide nennt, der Lage 3 der Knorpelfische entspricht. Dagegen möchten auch viele Teleostier ebenso complicirte Verhältnisse darbieten, wie die Plagiostomen, wenn es wahr ist, dass die Wirbelkörper derselben z. Th. aus der eigentlichen Scheide der Chorda hervorgehen. Die *Elastica interna* habe ich z. B. sehr schön aussen um die Chordareste eines grossen Orthagoriscus gesehen.

B. Gestalt der eigentlichen Chorda.

1. Die Chorda selbst behält in gewissen Fällen ihre ursprüngliche cylindrische Form und zwar findet sich dies sowohl beim Mangel jeglicher Andeutung von Wirbelkörpern (Cyclostomen, Störe, Chimären, Sirenoiden, *Tilurus*, *Hyoprorus* (vordere Wirbel) als auch in Fällen, wo die Wirbelkörper angelegt sind, wie bei *Leptocephalus*, *Helmichthys*, *Hyoprorus* (Schwanzwirbel).

2. Oder die Chorda ist, obschon noch zusammenhängend, doch in der Mitte eines jeden Wirbelkörpers mehr weniger oft sehr tief eingeschnürt, was selten an Wirbelsäulen ohne alle Verknöcherung (*Hexanchus*, vordere Wirbel), häufig an ossificirten sich findet (viele Haien, Rochen, Teleostier).

3. Die Chorda ist in viele hintereinanderliegende Stücke zerfallen, die selbst ganz resorbirt werden können. Haien z. Th., Teleostier z. Th., Amphibien, Vögel, Säuger.

C. Vorderes Ende der Chorda.

Die Chorda reicht bei ausgebildeten Fischen oft bis in den Bereich der Schädelbasis und liegt fadenförmig verschmälert bei den einen ganz in derselben drin. Cyclostomen, Störe, Sirenoiden, Haien zum Theil, (*Heptanchus*, *Centrophorus*, *Acanthias*, *Squatina* [ich], *Prionodon* [Stannius]). Bei den Haien ist ihr vorderes Ende, das bis in die Gegend der Hypophysis reicht, nach oben gebogen und scheint bis ans innere Perichondrium der Schädelbasis heranzureichen. In andern Fällen ist nur ihr hinteres Ende von Knorpel umschlossen, während das vordere in einer Furche an der untern Seite des Basilarknorpels sich befindet. *Leptocephalus*, *Helmichthys*. In einem Falle (*Tilurus*) scheint selbst der Schädeltheil der Chorda in seiner ganzen Länge unten am Basilarknorpel anzuliegen. In allen diesen Fischen sind Schädel und Wirbelsäule sehr innig verbunden, doch zeigt *Squatina* das auffallende Verhalten, dass ausser der Verbindung des ersten Wirbelkörpers mit der Schädelbasis auch noch die Bogen des ersten Wirbels durch ein Gelenk mit dem Cranium sich vereinen.

2. In andern Fällen ist alles, was von der Chorda im Schädel sich befindet, die vordere Hälfte des ersten *Ligamentum intervertebrale*. Haien z. Th., Teleostier.

3. Oder die gut erhaltene Chorda endet im vordersten Theile der Wirbelsäule und Kopf und Wirbelsäule sind durch Gelenk verbunden, welches von Seite der letzteren von den Bogen gebildet wird. *Chimaera.*

4. Oder endlich die Chorda endet schon weiter rückwärts in einer gewissen Entfernung vom Schädel, in welchem Falle der vordere Theil der Wirbelsäule allein von den verschmolzenen Bogen gebildet wird, welche auch hier mit dem Schädel articuliren. Rochen.

II. Verknöcherung, Bildung der Wirbelkörper.

A. Verhalten der Chorda im Allgemeinen.

1. Die Verknöcherung betrifft, wo sie eintritt, nur die eigentliche Scheide der Chorda. Die *Elastica externa* vergeht hierbei meist bis auf spärliche Reste, während die *Elastica interna* und die eigentliche Chorda meist sich erhalten. Nur in einem Falle (*Scymnus lichia*) wurde Verknöcherung der Chorda selbst gesehen.

2. Ein Antheil der Chordascheide an der Bildung der knöchernen Wirbel ist mit Sicherheit nur ermittelt bei den Plagiostomen und bei einer gewissen Zahl von Teleostiern. Dasselbe findet sich wahrscheinlich bei allen Fischen, fehlt dagegen allem Anscheine nach den beschuppten Amphibien, Vögeln und Säugern, und meinen Untersuchungen zufolge auch den Batrachiern, die fischähnlichen mit inbegriffen.

B. Umwandlungen der Chordascheide.

1) An der Wirbelsäule.

1. Die Chordascheide sondert sich bei den Plagiostomen vor Allem in viele hintereinander gelegene weichere und festere Theile, indem sie stellenweise in Faserknorpel oder wahren Knorpel sich umwandelt, stellenweise ihre ursprüngliche bindegewebige Natur beibehält. Die festeren Theile gestalten sich zu den Wirbelkörpern, während die weichern später als die äussern Theile der *Lig. intervertebralia* erscheinen (die innern Theile dieser Ligamente bilden die Chordareste mit der *Elastica interna*).

Die bei dieser Gliederung vor sich gehenden histologischen Umwandlungen sind: a) Umbildung der Saftzellen der ursprünglichen weichen Chordascheide in Knorpelzellen und b) Uebergang der

faserigen Substanz des Bindegewebes in die homogene Grundsubstanz des Knorpels, und sprechen auf jeden Fall für die Gleiehwerthigkeit der beiderlei Zellen und auch der Grundsubstanz, mag die des Bindegewebes so oder so entstanden sein.

Bei den Leptocephaliden verknöehert die Chordascheide ohne je Knorpel gewesen zu sein direkt, was möglieher Weise aueh bei andern Teleostiern sich findet.

2. Gleichzeitig mit der Umbildung der Chordascheide in knorpelige Wirbelanlagen tritt auch im Innern einer jeden eine Scheidewandbildung auf, indem die mittleren Theile der Scheide nach Innen waehsen und die Chorda einschnüren. Diese Scheidewandbildung kann in Wirbeln ohne Verknöcherung oder nur mit Spuren derselben sehr vollkommen sein, wie bei *Heptanchus* und *Hexanchus*, während sie in andern Fällen bei deutliehen Knochenanlagen kaum angedeutet ist (*Leptocephalus*, *Helmichthys*, *Centrophorus.*)

3. Die Verknöcherung der knorpelig gewordenen Chordaseheide beginnt niemals an der Oberfläche, sondern immer im Innern derselben und zugleich in der Mitte der Wirbelkörper, und ist, wie es scheint, ohne Ausnahme erst Faserknochen, d. h. verkalktes Bindegewebe.

4. Die Formen der ersten Knochenscherben sind die von Ringen (*Heptanchus* vordere Wirbel), die dann zu dünnen Doppelkegeln sich gestalten (*Heptanchus* hintere Wirbel, *Centrophorus*).

5. Der Waehsthum dieser Doppelkegel, die als die eigentliehen knöehernen Wirbelkörper zu bezeiehnen sind, gesehieht, wenn sie einmal ihre volle Länge erreicht haben, vorzüglich durch Ansatz von aussen, dureh Bildung von Knorpelknochen auf Kosten des äusseren Knorpels der Chordaseheide, zum Theil aber auch von innen auf Rechnung des innern Knorpels.

6. Dieser Wachsthum ist, insofern er den Ansatz von aussen betrifft, bald gleichmässig und dann entstehen regelmässige Doppelkegel von grösserer Stärke, bald ungleichmässig und in diesem Falle bilden sich Doppelkegel mit äusseren Kanten und Furchen. (*Heptanchus*, *Raja*, Haien mit Nickhaut.) In einem ganz besonderen Falle (*Squatina*) ist die Verkalkung so, dass die Wirbelkörper sehliesslich, den innersten Kern abgerechnet, nicht aus einer compacten Masse, sondern aus regelmässig abweehselnden Lagen von Knorpel und Knorpelknoehen bestehen.

7. Mit Bezug auf den Grad des Wachsthums so erreichen diese Wirbelkörper in vielen Fällen (*Squatina*, Rochen, Teleostier) die grösste Ausbildung, deren sie fähig sind, indem die gesammte äussere von der Chordascheide abstammende Knorpelmasse und auch die innnere Knorpellage ganz oder fast ganz verknöchert. In andern Fällen (Haie) bleiben von den innern und äussern Knorpellagen bald grössere bald geringere Reste übrig.

2) Am Schädel.

In gewissen Fällen verknöchert auch die Chordascheide des Schädeltheils der Chorda in ihrem hintersten Theile und bildet so einen wahren Körper des Hinterhauptwirbels, der vollkommen denjenigen der Wirbelsäule entspricht. Beobachtet wurde diess bis jetzt bei *Leptocephalus* und einigen Haien, es ist jedoch wahrscheinlich, dass das *Os occipitale basilare* der Knochenfische überhaupt, wenigstens in seinem hintern, einem Wirbelkörper ähnlichen Theile diesen Ursprung nimmt.

C. Antheil der äussern skelettbildenden Schicht an der Bildung der Wirbelkörper.

1. In den Fällen, wo die äussere skelettbildende Schicht einen Antheil an der Bildung der Wirbelkörper hat, geschieht diess in einer doppelten Weise, einmal von den knorpeligen Wirbelbogen aus und zweitens durch die zwischen denselben gelegene Beinhaut.

2. Wo die Wirbelbogen betheiligt sind, erzeugen dieselben in erster Linie durch Verschmelzung einen äussern Knorpelbeleg um den eigentlichen chordalen Wirbelkörper herum.

3. Dieser Knorpelbeleg kann ossificiren und zwar geschieht diess einmal an zwei Punkten rechts und links (*Heptanchus*) oder an vieren, indem noch obere und untere Verknöcherungen dazu kommen. (*Acanthias*, *Scymnus*.)

4. Diese Ossificationen behalten entweder die ursprüngliche Form und mögen dann Seiten-, Rücken- und Bauchschilder heissen, oder sie nehmen die von keilförmigen Stücken an, indem sie auf Kosten des Knorpels, aus dem sie entstanden, auch weiter wachsen und können Seiten-, Rücken- und Bauchzapfen genannt werden.

5. Mögen diese äussern Ossificationen diese oder jene Form haben, so zeigen sie ein doppeltes Verhalten zu dem eigentlichen chor-

dalen Doppelkegel, indem sie entweder von demselben getrennt bleiben (*Heptanchus*) oder an den vordern und hintern Enden mit den Rändern desselben sich verbinden. *Scymnus*, *Acanthias*.

6. In gewissen Fällen tritt statt der Wirbelbogen, die sich nicht vereinen, die zwischen denselben gelegene Beinhaut als knochenerzeugende Lage auf. Die aus derselben entstehenden Knochenstücke liegen ebenfalls seitlich, oben und unten, haben die Form von Zapfen und verschmelzen mit dem innern Doppelkegel entweder nur an seinen Enden oder auch in der Mitte. Haben auch diese Knochenzapfen keinen Knorpel als Vorläufer und zeigen sie auch einen besonderen Bau (verkalkten Faserknorpel mit starken besonderen Radialfasern), so ist doch ihre morphologische Uebereinstimmung mit den aus den verschmolzenen Bogen entstehenden äusseren Ossificationen der Plagiostomenwirbel nicht zu verkennen.

Durch Combinationen gewisser Umwandlungen der Chordascheide mit bestimmten Gestaltungen der äussern skelettbildenden Schicht entstehen folgende Typen in der Bildung der Wirbelkörper:

Typus I.

Der Wirbelkörper geht einzig und allein aus der Scheide der Chorda hervor.

A. *Chordascheide mächtig entwickelt.*

1. Wirbelkörper ganz weich (faserknorpelig), unvollständig gesondert, nur durch die Scheidewände bezeichnet. *Hexanchus*.

2. Wirbelkörper theilweise knorpelig, mit kleinen ringförmigen knöchernen Doppelkegeln. *Ligam. intervertebralia* sehr entwickelt. *Heptanchus* vordere Wirbel.

3. Wirbelkörper knorpelig mit vollständigen aber dünnen knöchernen Doppelkegeln mitten im Knorpel. *Centrophorus*.

4. Wirbelkörper mit stärkeren Doppelkegeln und äusseren an diese sich anschliessenden, lagenweise mit Knorpel abwechselnden Ossificationen. *Squatina*.

B. *Chordascheide dünn.*

1. Wirbelkörper dünne knöcherne Hohlcylinder, Chorda cylindrisch, nicht eingeschnürt. *Leptocephalus*, *Helmichthys*, *Hyoprorus*, hinterste Wirbel.

2. Wirpelkörper mässig eingeschnürt, etwas stärkere Doppelkegel mit äussern Längsrippen. *Chauliodus*, *Stomias*.

Typus II.

Der Wirbelkörper bildet sich zum Theil aus der Scheide der Chorda, zum Theil aus der äussern skelettbildenden Schicht.

1. Chordaler Wirbelkörper einem guten Theile nach knorpelig mit einem stärkeren knöchernen Doppelkegel in seiner Mitte. Aeusserer Theil des Knorpels eine dünne von den Bogen abstammende Knorpellage mit zwei seitlichen Ossificationen von Knorpelknochen. *Heptanchus*, hintere Wirbel.

2. Ebenso, aber ausser den zwei seitlichen Ossificationen oder Seitenschildern, auch eine obere und untere — Rücken- und Bauchschild — am Boden des Spinalkanals und an der Decke des Gefässkanals, welche 4 äusseren Ossificationen mit den Rändern der Basen des innern Doppelkegels verschmelzen. *Acanthias*, *Scymnus*.

3. Chordaler Wirbelkörper fast ganz verknöchert zu einem starken Doppelkegel mit äussern Längsrippen. Umhüllung von der äussern skelettbildenden Schicht eine starke Knorpellage mit oberflächlichen leichten Ossificationen, die in die der Bogen übergehen. *Raja*, *Torpedo*.

4. Chordaler Theil des Wirbelkörpers grösstentheils zu einem starken Doppelkegel verknöchert. Ossificationen der äussern skelettbildenden Schicht, d. h. der Bogen, stark in Form von 4 keilförmigen Stücken von Knorpelknochen, die mit den Rändern des innern Doppelkegels sich vereinen. *Scyllium*.

5. Chordaler Wirbelkörper ein starker Doppelkegel zum Theil mit äussern Leisten. Ossificationen der äussern skelettbildenden Schicht vier keilförmige Stücke von Faserknochen, die nicht von den Bogen, sondern vom Perioste zwischen denselben abstammen und bei gewissen Gattungen ganz mit dem innern Doppelkegel verschmelzen. *Mustelus*, *Carcharias*, *Sphyrna*, *Galeus*.

Typus III.

Der Wirbelkörper entsteht einzig und allein aus der äussern skelettbildenden Schicht.

1. Die Wirbelkörper entstehen aus 4 verschmelzenden Stücken nämlich den obern und untern Bogen. *Rajidae*, vorderste Wirbel.

2. Die Wirbelkörper entstehen aus zwei Stücken: a) Aus den zwei obern knorpeligen Bogen, die die Chorda nicht umschliessen — *Cultripes, Rana paradoxa.* b) Aus zwei seitlichen Massen von Faserknochen, die später zu vollständigen die Chorda umgebenden Ringen verschmelzen — Ungeschwänzter Batrachier aus Mexico, *Ranae?* c) Aus zwei seitlichen Knorpelmassen, die die Chorda umschliessen und die obern und am Schwanze auch die untern Bogen aus sich entwickeln — Beschuppte Amphibien, Vögel, Säuger.

Nachtrag.

I. Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule von Cultripes provincialis.

Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule von *Cultripes provincialis* liegen bis jetzt nur die Mittheilungen von Dugès (Ostéologie et Myologie des Batraciens, Paris 1834, pag. 102 u. f.) und J. Müller (Osteologie der Myxinoiden, pag. 145, 165, 241; Neurologie d. Myx. pag. 74) vor, welche, so Wichtiges dieselben auch mittheilen, doch keineswegs als erschöpfend bezeichnet werden können. Ich halte es daher nicht für überflüssig, hier noch einige Untersuchungen anzureihen, die ich selbst an diesem Thiere angestellt habe, von welchem mir in diesem Winter durch die Güte des Hrn. Prof. Martins in Montpellier drei Larven von 1″ Länge, eine grosse Larve von 3″, ein junges Thier von nur 1½″ Länge und ein ganz erwachsenes Individuum zukamen. Trotz dieses schätzbaren Materials, für welches ich dem Geber meinen besten Dank ausspreche, war es mir doch nicht möglich, alle sich erhebenden Fragen ins Reine zu bringen, indem die Hauptveränderungen der Wirbelsäule gerade in die Zeit fallen, welche dem Abwerfen des Schwanzes unmittelbar vorausgeht und nachfolgt, aus welcher Periode mir kein Exemplar zu Gebote stand. Immerhin gelang es mir doch über einige wesentliche Fragen Aufschluss zu erhalten, wie das Folgende lehren wird.

Die wichtigste von Dugès ermittelte und von J. Müller bestätigte Thatsache ist die, dass bei *Cultripes* (und ebenso bei *Pelobates fuscus* und *Pseudis paradoxa*) die Wirbelkörper einzig und allein aus den obern Bogen hervorgehen, welche jedoch die Chorda nicht rings umfassen, sondern über derselben sich verbinden, so dass die Chorda

an die untere Seite der Wirbelkörper zu liegen kommt, und war natürlich mein Hauptaugenmerk auf diese Frage gerichtet. Ausserdem schien es mir aber auch von Interesse, die von Dugès so eigenthümlich geschilderte Entwicklung der Gelenkköpfe der Wirbelkörper etwas näher ins Auge zu fassen. In Betreff beider Fragen ergab sich besonders die 3″ lange Larve als tauglich und will ich zuerst mittheilen, was ich bei dieser fand.

Die *Chorda dorsalis* war in der ganzen Länge der Wirbelsäule vollkommen gut erhalten und ergab sich im Allgemeinen als ein cylindrischer Strang, der in der *Regio coccygea* ungefähr 1‴, am Atlas nur noch ²/₁₀‴ betrug. Scheide und Gallerte waren im Wesentlichen von derselben Beschaffenheit, wie bei der oben geschilderten Batrachierlarve aus Mexico. Die erste von 0,02‴ Dicke hatte zu äusserst eine sehr zarte *Elastica externa* mit querverlaufenden, dicht anastomosirenden Fasern und bestand sonst aus zierlich wellenförmigen ebenfalls queren Bindegewebsbündeln ohne Saftzellen, die in A erblassten. Eine *Elastica interna* sah ich nicht, vielmehr folgte nach innen unmittelbar die Chordasubstanz selbst, wie gewöhnlich aussen mit kleinen, innen mit grossen, zartwandigen, kernhaltigen Zellen. Umgeben war die Gesammtchorda von einer äussern Scheide von 0,04—0,06‴ Dicke aus Bindegewebe mit Saftzellen, die jedoch nicht als solche ringsherum ging, sondern an bestimmten Stellen Verknorpelungen zeigte, die bis an die eigentliche Chordascheide heranreichten. Solche verknorpelte Stellen waren namentlich in zwei Regionen zu finden, nämlich oben und unten. An der obern Seite waren es einmal die 11 Bogenpaare, die als Fortsetzungen der äussern Scheide sich erhoben und mit ihren untern vereinten Wurzeln bis an die eigentliche Chordascheide heranreichten und mit denselben wie eine Rinne bildeten, welche das obere Dritttheil der Chorda aufnahm. Zu diesen Knorpeln kamen dann aber noch knorpelige Zwischenglieder, die die der Chorda aufsitzenden Theile der Bogen in der obern Mittellinie mit einander verbanden. Da diese Zwischenglieder, obschon untrennbar mit den Bogen verbunden, doch durch ihre Form und weitere Entwicklung sich auszeichnen, so will ich dieselben von nun an als *Cartilagines intervertebrales* bezeichnen und ebenso mögen der Deutlichkeit wegen die der Chorda ansitzenden verschmolzenen Theile der Bogen „Wirbelkörper“ heissen. Die *Cartilagines intervertebrales* sind gegen den Rückenmarkskanal zu stark convex, gegen die Chorda zu, der sie

ebenso dicht ansitzen wie die Wirbelkörper, dagegen concav, und unterscheiden sich so leicht von den Anlagen der Wirbelkörper, wie am besten die Fig. 9 und 10 auf Taf. III. lehren.

Während mithin so die obere Seite der Chorda in der ganzen Länge der Wirbelsäule von einem zusammenhängenden Knorpelstreifen — den Wirbelkörperanlagen und den *Cartilag. intervertebrales* eingenommen ist, von dem von Stelle zu Stelle die eigentlichen Bogen sich erheben, so findet sich an der untern Seite der Chorda nur in der Steissbeingegend ein stärkerer unpaarer Knorpelstreifen, die Anlage des untern Knochenstückes des Steissbeines, der in gleicher Weise, wie der obere Knorpel, bis an die eigentliche Chordascheide heranreicht und seitlich ebenso wie dieser in den bindegewebigen Theil der äussern Scheide übergeht. Dieser untere Knorpelstrang reicht nach J. Müller bis ungefähr in die Mitte der Wirbelsäule nach vorn, womit ich im Allgemeinen einverstanden bin, obschon ich die Grenze nicht ganz genau bestimmt habe. Weiter nach vorn wird weder von Dugès noch J. Müller an der untern Seite der Wirbelsäule das Vorkommen von Knorpel angegeben, ich finde jedoch im Bereiche des Atlas und des 2. Halswirbels die ganze äussere Chordascheide ringsherum knorpelig, so dass mithin hier die Chorda ganz in den knorpeligen Wirbeln drin steckt und nicht blos an der untern Seite derselben enthalten ist, wie weiter hinten (s. Fig. 11. Taf. III).

Bevor ich dieses interessante Verhalten weiter verwerthe, will ich noch die übrigen von mir gefundenen Thatsachen mittheilen. An der Wirbelsäule der eben beschriebenen Larve hatte die Ossification schon begonnen, doch waren immer noch die hintersten Wirbel rein knorpelig. Die Bogen aller vordern Wirbel bis zum 7., von denen ich nachträglich bemerke, dass sie auch in ihrem obern Theile verschmolzen waren, besassen eine dünne oberflächliche Knochenkruste von Knorpelknochen, entstanden durch Ablagerung von Kalksalzen in die äussersten Lagen des Knorpels, wogegen das Innere noch rein knorpelig war. Diese Knochenkruste ging an der Seite des Rückenmarkskanales auch auf die Anlagen der Wirbelkörper über und erreichte hier gerade in der Mittellinie eine grössere Dicke so dass auf Querschnitten wie ein in den knorpeligen Wirbelkörper eindringender keiner unregelmässiger Zapfen entstand. An der der Chorda zugewendeten Seite der Wirbelkörperanlagen war an keinem Wirbel eine Spur von Verkalkung, dagegen reichte an den Seiten

derselben die Kruste bis nahe an die Gegend heran, wo der knorpelige Wirbelkörper in die bindegewebige Scheide der Chorda übergeht. Das 9., 10. und 11. Bogenpaar waren rein knorpelig, ob auch das 8. kann ich nicht sagen, dagegen war am hintern Theile des unterhalb der Chorda gelegenen Steissbeinknorpels ebenfalls eine und zwar von der Oberfläche bis tief ins Innere eindringende Verkalkung vorhanden.

Ueber das Chordaende in der Schädelbasis habe ich immer bei derselben Larve folgendes ermittelt: Im hintersten Theile der knorpeligen Schädelbasis, welche mit dem Knorpel des Atlas noch continuirlich zusammenzuhängen schien, ist die Chorda noch ganz von Knorpel umgeben und fast ebenso stark wie im ersten Wirbel. Dann folgt eine Gegend, wo die allmälig sich verschmälernde Chorda an die untere Seite des in der Mitte auffallend sich verdünnenden Basilarknorpels zwischen denselben und sein Perichondrium zu liegen kommt. Das letzte Ende derselben endlich tritt in der Gegend, wo das schon verknöcherte Ende des *Sphenoidale basilare* liegt — das, beiläufig gesagt, auch hier ausserhalb des Knorpels im Perichondrium entsteht und von Anfang an strahlige Knochenzellen führt — wieder in den Basilarknorpel hinein, macht plötzlich eine Biegung aufwärts, erreicht beinahe dessen obere Fläche und endet, so viel ich ermitteln konnte, leicht abgerundet und nicht stärker als 0,03''' (Taf. III Fig. 12).

Begreiflicher Weise war ich, als ich einmal so weit war, auf die Untersuchung des kleineren ausgebildeten Individuums von *Cultripes* von 1½'' Länge sehr gespannt, allein es gelang mir nicht, an demselben irgend eine Spur der Chorda oder ihrer Scheide zu finden. Die Wirbelkörper waren alle ziemlich gut ausgebildet und bestanden aussen aus ächtem Knochen mit sternförmigen Zellen, innen aus Mark mit kleinen, z. Th. fetthaltenden Markzellen und Ueberresten der ursprünglichen Knorpelzellen. Beide Endflächen waren vertieft, von Knorpelknochen gebildet und umfassten die *Cartilagines intervertebrales*, die als rundliche grosse Massen je zwischen zwei Wirbeln lagen. Die Oberfläche dieser Zwischenmassen war in einer dünnen Schicht ringsherum knorpelig und hing mit den beiden Wirbeln noch innig zusammen, das Innere dagegen durch und durch ein schöner compacter Knorpelknochen. Weder an der vorderen Seite der Wirbelkörper und Zwischenknorpel, noch im Innern derselben zeigte sich eine Andeutung der Chorda und blieb ich somit über die Hauptfrage, das endliche Schicksal der Chorda, aus Mangel an

Material im Dunkeln. Unter diesen Umständen schien es mir überflüssig auch das ganz ausgebildete Thier zu opfern. Dass und wie die *Cartilagines intervertebrales* später nur mit einer Wirbelendfläche fest sich verbinden und von der andern ganz sich lösen, wird aus dem oben über andere Batrachier angeführten klar nud für die Chorda selbst war keine weitere Aufklärung zu erwarten. —

Das Resultat wäre somit im Ganzen nicht befriedigend. Immerhin kann ich nicht umhin, schon jetzt einige Zweifel darüber zu hegen, ob die Angaben von J. Müller und Dugès wirklich vollkommen stichhaltig sind. Es gründen sich dieselben auf den Umstand, dass bei der 3″ langen Larve im 1. und 2. Halswirbel und in der Schädelbasis die Chorda rings herum von Knorpel umgeben gefunden wurde und halte ich aus dem Grunde es nicht für unmöglich, dass etwas ähnliches später auch an den hinteren Wirbeln sich findet. In diesem Falle wäre dann der Unterschied zwischen *Cultripes* und den andern Batrachiern, nicht so gross, als es bisher schien. Immerhin bliebe das bestehen, dass bei den andern Batrachiern die Wirbelkörper unabhängig von den Bogen in der Scheide der Chorda sich entwickeln und ossificiren, ohne knorpelig preformirt gewesen zu sein, während bei *Cultripes* dieselben vorzüglich aus den verschmolzenen Basen der obern Bogen entstehen und die an der Bildung derselben Antheil nehmenden Theile der äussern Chordascheide an den Seiten und unterhalb der Chorda vor der Verknöcherung in Knorpel sich umwandeln. Auf jeden Fall ist diese Vergleichung für den 1., 2. Wirbel von *Cultripes* zutreffend, ob auch für die andern, darüber mögen weitere Untersuchungen entscheiden. —

II. Ueber die Wirbelsäule einer Larve von Pipa dorsigera.

Die hiesige zootomische Sammlung besitzt ein Exemplar eines Weibchens von *Pipa* mit Larven in den Brutsäcken, die mir von meinem Collegen H. Müller freundlichst zur Disposition gestellt wurden. Die Larven, obschon klein (von 10½‴ Länge), waren doch schon viel weiter ausgebildet als Larven derselben Grösse anderer Batrachier (dieselben hatten schon gut ausgebildete hintere Extremitäten) und liessen sich an denselben einige nicht uninteressante Beobachtungen anstellen, die als Ergänzungen des bei *Cultripes* Gesehenen dienen können. —

Die Chorda war noch in der ganzen Länge vorhanden und bestand aus dem gewöhnlichen Zellengewebe und aus einer einzigen zarten Hülle von 0,0008–0,001‴ Breite und homogener Beschaffenheit, an der jedoch an vielen Stellen vorhandene Fältchen häufig das Ansehen von Bindegewebe erzeugten. Im Schwanze war die Chorda gut entwickelt von 0,5‴ Breite und mit einer bindegewebigen äusseren Scheide versehen, die wie gewöhnlich die Kanäle über und unter derselben bildete. In der *Regio coccygea* war ihr Durchmesser noch derselbe, sie verschmälerte sich jedoch allmälig bis auf 0,36‴ in den mittleren Wirbeln und im Atlas bis auf 0,25–0,3‴ um dann in der Schädelbasis bald auf 0,08‴ herabzugehen, welche Breite sie bis zu dem Punkte beibehielt, wo das *Sphenoidale basilare* seine seitlichen Ansätze gewinnt. Hier sank sie rasch auf 0,02–0,03‴, verlief noch 0,1–0,15‴ nach vorn und endete dann spitz.

Die Hartgebilde der Wirbelsäule bestanden einmal aus 9 verschmolzenen knorpeligen Bogenpaaren mit theilweiser Verkalkung und dann aus einem Steissbeinknorpel. Die Bogenpaare (Taf. III. Fig. 13) waren im Allgemeinen so beschaffen wie bei *Cultripes*, d. h. es zeigte jeder die Anlagen eines Wirbelkörpers (d) und von Bogen mit Querfortsätzen (e f) zur Umschliessung des Rückenmarkskanals, nur war hier das Verhältniss der Bogen zur Chorda ein ganz anderes, indem die letztere an allen Wirbeln mit Ausnahme der letzten unverhältnissmässig klein erschien (Taf. III Fig. 13). Nach unten hingen die Bogenpaare oder Wirbelanlagen unmittelbar mit einer dünnen äusseren Scheide der Chorda zusammen, welche diese seitlich und unten umschloss, während sie nach oben unmittelbar an eine Rinne der Wirbelkörperanlagen angrenzte. Mit Bezug auf diese äussere Scheide der Chorda richtete ich mein Hauptaugenmerk darauf, ob dieselbe wie bei *Cultripes* an irgend einer Stelle der Wirbelsäule mit Ausnahme der *Regio coccygea* auch unten verknorpelt sei, wobei sich folgendes ergab. Der Steissbeinknorpel, von derselben Beschaffenheit und Lagerung wie bei den schon beschriebenen Batrachierlarven reicht nicht weiter nach vorn als bis zum 7. Wirbel. Von da an bis zur Schädelbasis besteht die äussere Chordascheide unten aus einem Gewebe, das, wenn es auch an Knorpel erinnert, wohl kaum ächter Knorpel genannt werden kann. Es sind zwar rundlich-eckige Zellen in demselben vorhanden, allein die Wandungen derselben sind zarter als bei Knorpelzellen, ferner stehen dieselben minder dicht und dann ist auch die Zwischensubstanz nicht fest und von dunklem Ansehen, sondern weich, die

ganze Lage mehr häutig. An den Seiten dagegen trifft man, je weiter nach vorn man geht, den Knorpel der Wirbelkörperrudimente mehr herabragend, so dass endlich am 1. und 2. Wirbel unten wie zwei Kanten entstehen, die nur um eine mässige Breite von einander abstehen. Allein auch hier ist die Chorda nicht ganz von Knorpel umgeben und passt somit die Dugès'sche Beschreibung der Wirbelsäule von *Cultripes* hier viel besser als bei *Cultripes* selbst. Am Schädel liegt die Chorda zuerst in einer Furche an der untern Seite des Basilarknorpels und nur ihr allerletztes sehr schmales Ende dringt in den Knorpel ein, um dann in der Nähe der Hypophysis im Innern desselben sich zu verlieren. Intervertebralknorpel finden sich bei *Pipa* keine, vielmehr stösst hier Wirbel unmittelbar an Wirbel und waren bei meinen Larven die einzelnen Wirbelkörper nur durch ganz dünne bindegewebige Zwischenbänder gesondert, welche wahrscheinlich ursprünglich fehlen, wie bei den den andern Batrachiern.

Bei den meisten Wirbeln waren oberflächliche Ossificationen an den Bogen und zum Theil auch an den Wirbelkörpern vorhanden. Dieselben schienen mir nicht aus Knorpelknochen zu bestehen wie bei *Cultripes*, sondern aus ächtem Knochen und somit Periostablagerungen zu sein. Von Knorpelknochen sah ich nur bei einer Larve in den Wirbelkörpern einen leichten Anflug. Der Steissbeinknorpel war ohne Verknöcherung. Am Schädel waren Deckknochen angelegt, Knorpelverkalkungen dagegen fehlten.

Das Endresultat*) wäre somit das, dass bei *Pipa dorsigera* die Wirbel, immer mit Ausnahme des Steissbeins, in der That einzig und allein aus den oberen Bogen hervorzugehen scheinen und die Chorda nirgends von derselben umschlossen wird. Diesem zufolge erscheint es mir nun allerdings wahrscheinlich, dass ähnliches auch bei *Cul-*

---

*) Ich will nicht unterlassen zu bemerken, dass Stannius (Vergl. Anat. 2. Aufl. 2. Buch pag. 15) die Bemerkung hat, dass bei kleinen Individuen von *Pipa americana* aus den Säcken der Rückenhaut nach absolvirter Metamorphose, keine Spur von Wirbelkörpern vorhanden sei. Die untern Halbringe der obern Bogen sind nach St. an ihrer Basis kaum verdickt, und unter ihnen liegen keine Wirbelkörper, welche die Chorda umschliessen, von der übrigens keine deutliche Spur vorhanden war, Beobachtungen, welche — die Abwesenheit der Chorda als richtig beobachtet vorausgesetzt — die meinigen in sofern vervollständigen würden, als aus denselben hervorgehen würde, dass die Chorda auch später nicht von den Bogen umwachsen wird.

tripes an den mittleren Wirbeln sich findet. Immerhin bleibt zwischen beiden Gattungen der Unterschied, dass bei *Cultripes* am 1. und 2. Halswirbel und im hinteren Theile der Schädelbasis die Chorda rings von Knorpel umgeben ist, bei *Pipa* nicht, sowie dass bei ersterem Intervertebralknorpel sich finden und scheint es somit, dass auch bei den Batrachiern, bei denen keine besonderen Wirbelkörper unabhängig von den Bogen sich bilden, verschiedene Modificationen sich finden, die wohl ganz allmälig an das heranführen, was die gewöhnlichen *Ranae* zeigen. —

Erklärung der Abbildungen.

Taf. II.

Fig. 1. Querer Längsschnitt durch den vorderen Theil der Wirbelsäule von *Heptanchus* 3 mal vergrössert. *a* Chordascheide. *b* Chordasubstanz. *c* Scheidewände, die von der Scheide aus entstanden sind oder Anlagen der Wirbelkörper mit einer kleinen bogenförmigen Ossification im innern Theile derselben.

Fig. 2. Querer Längsschnitt durch den hintern Theil der Wirbelsäule von *Heptanchus* 9 mal vergrössert. *a* Faserknorpeliger Theil der Chordascheide hier schon *Lig. intervertebralia* darstellend. *b* Gallerte der Chorda. *c* Knöcherne Doppelkegel mit einem Loch in der Mitte, das die verschmälerte Chorda enthält. *c'* ein Wirbel bei dem der Schnitt neben der Mitte durchgegangen ist, so dass der ganze Doppelkegel sichtbar ist. *d* Die äussern seitlichen Knochenplatten der Wirbelkörper. *e* Knorpel zwischen diesen und den Doppelkegeln.

Fig. 3. Senkrechter Querschnitt durch einen Schwanzwirbel von *Heptanchus* 10 mal vergrössert. *a* Knöcherner Doppelkegel. *b* Chorda mit einer dünnen Knorpellage nach aussen. *c* Knöcherne Kanten aussen am Doppelkegel. *d* Aeussere Knorpellage der Chordascheide angehörig. *e* Seitliche Knochenplatten. *f* Obere Bogen mit leichten oberflächlichen Ossificationen aussen und innen. *g* Untere Bogen mit eben solchen Ossificationen.

Fig. 4. Querschnitt durch einen Wirbel von *Centrophorus granulosus* 16 mal vergr. *a* Knöcherner Doppelkegel. *b* Innere Knorpellage. *c* Chordasubstanz. *d* äussere Knorpellage grösstentheils von der Chordascheide abstammend. *e* knorpelige untere Bogen. *f* knorpelige obere Bogen.

Fig. 5. Längsschnitt durch die Wirbelsäule von *Centrophorus granulosus* 9 mal vergr. *a* Knöcherner Doppelkegel. *b* innere Knorpellage. *c* Chordasubstanz. *d* äussere Knorpellage. *e* *Lig. intervertebralia.*

Fig. 6. Segment eines Querdurchschnittes durch einen Wirbel von *Acanthias vulgaris* 160 mal vergr. *a* Chordasubstanz. *b* innere Knorpellage. *c d* knöcherner Doppelkegel. *c* Faserknochen. *d* Knorpelknochen desselben. *e* äusserer Knorpel mit radiären Zellen. *f* derselbe mit regellos stehenden Zellen. *g* *Elastica externa* der ursprünglichen Chordascheide. *h* Knorpellage von den Bogen herrührend. *i* Oberflächliche Ossification derselben.

Fig. 7. Querschnitt durch einen Schwanzwirbel eines jungen *Acanthias* 40 mal vergr. *a* Chordascheide. *a'* dichterer Theil derselben, wo später die Ossification beginnt. *b* Chordasubstanz. *c* obere Bogen. *d* untere Bogen.

Fig. 8. Senkrechter Längsschnitt durch die Wirbelsäule von *Squatina* etwas neben der Mitte 10 mal vergr. *a* Knöcherne Doppelkegel. *b* Aeusserer Theil der Wirbelkörper aus abwechselnden Knochen- und Knorpellamellen bestehend. *c* *Lig. intervertebralia* faserknorpeliger Theil. *d* Chordasubstanz hier scheinbar aus isolirten Stücken bestehend.

Fig. 9. Querschnitt eines Wirbels des Hammerhaies, natürl. Grösse. *a* Knöcherner Doppelkegel. *b* Chordasubstanz. *c* Knorpelkreuz in die Knorpel der Bogen übergehend. *d* seitliche Knochenzapfen. *e* obere und untere Knochenzapfen.

Fig. 10. Längsschnitt durch einige Wirbel des Hammerhaies, natürliche Grösse. *a* Knöcherne Doppelkegel. *b* Äussere Knochenzapfen. *c* *Lig. intervertebrale.* *d* Chordasubstanz.

Fig. 11. Stückchen eines senkrechten Schnittes der Knochenzapfen des Hammerhaies 380 mal vergr. und mit Salzsäure behandelt. *a* Knorpelzellen. *b* Verknöchertes Fasernetz zwischen denselben. *c* Radiärfasern, auch verknöchert.

Fip. 12. Querschnitte durch einen Wirbel von *Galeus canis*, 1 in der Mitte, 2 halbwegs zwischen Mitte und Ende, 3 nahe am Ende, 3½ mal vergr. *a* Aeussere Knochenzapfen. *b* Knöcherne Kanten am innern Doppelkegel ansitzend. *c* Obere Bogen. *d* Chordasubstanz.

Fig. 13. Querschnitt durch einen mittleren Wirbel eines jungen Zitterrochens 29 mal vergr. *a* Chorda. *b* Doppelkegel knöcherner. *c* Äusserer Theil der Chordascheide. *d* Untere Bogen. *e* Obere Bogen.

Taf. III.

Fig. 1. Querschnitt durch den mittleren Theil des Körpers von *Tilurus Gegenbauri* 64 mal vergr. *a* Haut. *b* Muskeln. *c* Begrenzungsmembran der die Wirbelsäule umschliessenden Gallerte *d*. *e* Häutige untere Bogen zwei

Gefässe einschliessend. *f* Chorda. *g* Obere häutige Bogen das platte Rückenmark einschliessend. *h* Von denselben ausgehende Bindegewebszüge, die Nerven und vielleicht auch Gefässe begleiten. *i* Rückenflosse. *k* Bauchfell. *l* Darm.

Fig. 2. Längsansicht der Chorda von *Tilurus*. *a* Hülle der Chorda. *b* Grosse Zellen der Chordasubstanz 150 mal vergr.

Fig. 3. Längsansicht der Wirbelsäule von *Leptocephalus*, 120 mal vergr. *a* Knöcherne Wirbelkörper. *b* Knorpelige obere Bogen. *c* Grosse Chordazellen. *d* Kleine Chordazellen in Zonen zwischen den grossen liegend. *e* Aeussere Scheide der Chorda.

Fip. 4. Querschnitt durch die Chorda von *Hyoprorus messanensis* 100 mal vergr. *a* Aeussere skelettbildende Schicht. *b* Chordascheide. *c* Kleine Chordazellen. *d* Höhlung einer grossen Chordazelle. *e* Häutige untere Bogen mit zwei Gefässen. *f* Knorpelige obere Bogen. *g* Rückenmark.

Fig. 5. Querschnitt durch einen Wirbel von *Torpedo marmorata*, 15 mal vergr. *a* Knöcherner Doppelkegel mit 6 äussern Kanten, von denen zwei gabelig getheilt sind. *b* Aeussere Knorpellage, in die der Bogen *b*, *c* übergehend und grossentheils von denselben abstammend.

Fig. 6. Querschnitt durch die Wirbelsäule einer unbekannten Batrachierlarve aus Mexico, 60 mal vergr. *a* Aeussere Chordascheide. *b* Verknorpelte Stelle derselben in der untern Mittellinie, Anlage des untern Theiles des Steissbeins. *c* Faserknochen in der äussern skelettbildenden Schicht, Anlage eines Wirbelkörpers. *d* Knorpelige, z. Th. verknöcherte obere Bogen. *e* Eigentliche Scheide der Chorda. *f* Chordasubstanz.

Fig. 7. Querschnitt einer *Cartilago intervertebralis* von Siredon, 48 mal vergrössert. *a* Bindegewebige Hülle. *b* Knorpel. *c* Chordascheide. *d* Chordasubstanz.

Fig. 8. *Elastica externa* der Chordascheide von Petromyzon 350 mal vergrössert. *a* Dicke der Haut an einer Falte und an den umgeschlagenen Rissstellen sichtbar. *b* Ein Loch im Profil. *c* Löcher von der Fläche.

Fig. 9. Querschnitt durch die Wirbeläule einer 3'' langen Larve von *Cultripes* am 6. Intervertebralknorpel, 48 mal vergr. *a* Häutige Begrenzung des Kanales für das Rückenmark. *b* Intervertebralknorpel. *c* Aeussere Chordascheide. *d* Eigentliche Scheide der Chorda, deren Zellen nicht gezeichnet sind. *e* Untere unpaare Knorpelmasse (Steissbeinknorpel).

Fig. 10. Querschnitt durch den 7. Wirbel derselben Larve von *Cultripes* 48 mal vergr. *a* Oberer Bogen. *b* Querfortsatz. *c* Anlage des Wirbelkörpers. *d* Aeussere Chordascheide. *e* Steissbeinknorpel. *f* Innere Scheide der Chorda. *g* Knorpelknochen aussen am rudimentären Wirbelkörper. *h* Derselbe innen an den Bogen. *i* Ossification im Wirbelkörper.

Fig. 11. Querschnitt durch den Atlas derselben Larve von *Cultripes* 48 mal vergr. *a* Aeussere Chordascheide knorpelig. *b* Innere Chordascheide. *c* Bogen. *d* Wirbelkörperanlage, zu der jedoch offenbar auch der seitlich und unter der Chorda befindliche Knorpel gehört.

Fig. 12. Querschnitt durch die Schädelbasis derselben Larve von *Cultripes* 48 mal vergr. *a Sphenoidale basilare. b* Chorda. *c* Basilarknorpel.

Fig. 13. Querschnitt durch einen mittleren Wirbel einer älteren Larve von *Pipa*, 100 mal vergr. *a* Chorda, deren Zellen nicht dargestellt sind. *b* Eigentliche Chordascheide. *c* Aeussere Chordascheide. *d* Wirbelkörperanlage. *e* Eigentlicher Bogen. *f* Querfortsatz.

Zusatz.

Zur Lehre vom Bau der Wirbel der Selachier habe ich noch folgende nachträgliche Bemerkungen zu machen:

1) Der Chordascheide von *Callorhynchus antarcticus* fehlen die ringförmigen Ossificationen, die bei *Chimaera* vorkommen.

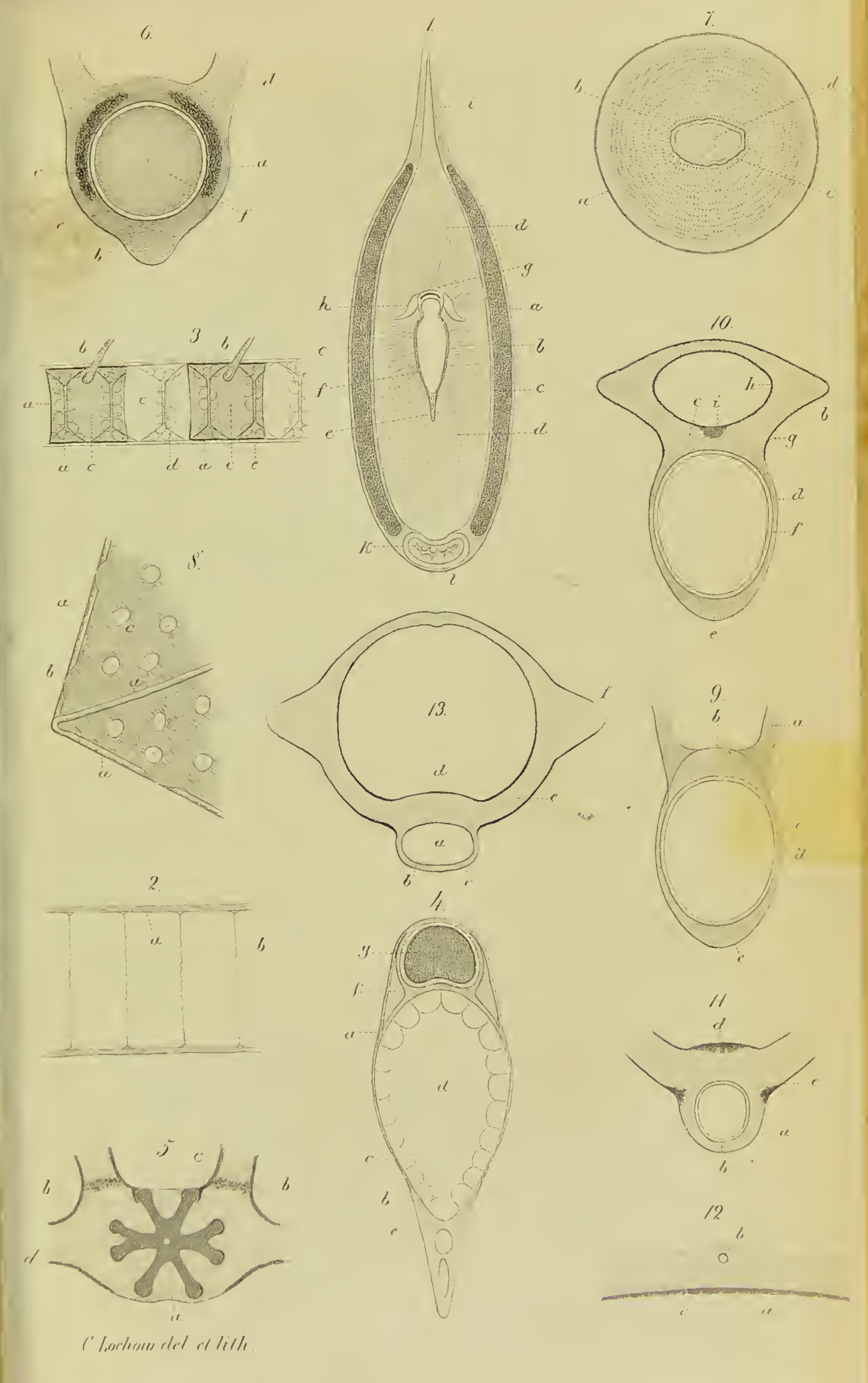
2) Die Schwanzwirbel von *Cestracion Philippii* sind nach dem Typus derer von *Heptanchus* gebaut, nur ist der chordale Wirbelkörper stärker. Die zwei Seitenplatten bestehen aus einer mittleren selbständigen kleinen Ossification, die innerhalb der *Elastica externa* der Chordascheide, aber dicht an derselben gelegen ist, und jederseits zwei den Bogen angehörigen dünnen Knochenplatten über und unter der mittleren Platte.

3) Bei *Scyllium* finde ich bei nochmaliger Untersuchung, dass die 4 keilförmigen äussern Knochenstücke der Wirbelkörper je aus zwei Theilen bestehen, einer innern dünnen Lage von Knorpelknochen, die in die der Bogen sich fortsetzt, und einer äussern stärkern Lage von Faserknochen, von Keilform, die vom Perioste abstammt. *Scyllium* begründet somit eine besondere Abart des Typus II. und gibt zugleich bei den Plagiostomen ein Beispiel einer Auflagerung von einem Faserknochen (einer Periostablagerung) auf einen Knorpelknochen.

4) Eine besondere Abart des Typus II. begründet auch die Gattung *Trygon*. Hier bildet der chordale Wirbelkörper einen starken Doppelkegel mit äussern Kanten. Vier von diesen — oben und unten rechts und links — sind mit starken, periostalen Zapfen von Faserknochen verschmolzen, welche denen entsprechen, die bei den Haien mit Nickhaut vorkommen. Die äussere Kruste von Knorpelknochen geht nur bis an diese Zapfen heran, aber nicht über dieselben herüber, vielmehr liegt die äussere Fläche derselben meist noch etwas über der Ebene der Kruste. Ausser den genannten vier Kanten hat dann der chordale Wirbelkörper mit Ausnahme des Schwanzes noch vier oder acht andere in den Zwischenräumen derselben, die die Oberfläche nicht erreichen.

Druck von J. M. Richter in Würzburg.

C. Lochow del. et lith.


C. Lochow del. et lith.

möchten. Denn wenn dieselben auch im frischen Zustand, wenigstens grösstentheils, nicht eigentliche Röhren sind, so könnten doch unverkalkte Faserzüge, welche viele Lamellen durchsetzen, jenem Zweck ohne Zweifel auch dienen. Es spricht jedoch dagegen die grosse Unbeständigkeit ihres Vorkommens, so dass sie an demselben Knochenstück unter anscheinend gleichen Verhältnissen an einer Stelle vorhanden sind, dann wieder in grosser Ausdehnung fehlen.

Es dürfte den durchbohrenden Fasern in den Knochen der höheren Wirbelthiere somit vorläufig nur ein histologisches Interesse zuzuschreiben sein, was natürlich auf die Zahnröhrchen in Fischknochen keine Anwendung findet.

Ueber die grosse Verbreitung

der

„perforating fibres" von Sharpey

von

A. KÖLLIKER.

(Vorgetragen in der Sitzung der physikal.-medic. Gesellschaft vom 10. Nov. 1860.)

In der 6. Ausgabe von *Quain*'s Anatomy durch *W. Sharpey* und *G. V. Ellis*, London 1856 beschreibt *Sharpey* auf pag. CXX unter dem Namen „perforating fibres" eigenthümliche, die Knochenlamellen senkrecht durchsetzende Fasergebilde, welche an mit Salzsäure behandelten Knochen durch Zerzupfen der Lamellen auf längere Strecken zu isoliren sind und dann als Fasern oder besser Faserbündel von verschiedener Länge, meist mit zugespitzten Enden erscheinen. — Dieser Angabe, die sich auf den Menschen und die Säugethiere bezieht, scheint es wie so manchen andern ergehen zu wollen, welche, anfangs übersehen oder wenigstens nicht beachtet, erst später eine grössere Bedeutung erlangen und als Ausgangspunkte neuer besserer Erkenntnisse sich ergeben, und hoffe ich wenigstens in dieser Mittheilung darzulegen, dass die *Sharpey'schen Fasern*, wie ich sie nenne, eine weit verbreitete und für die richtige Auffassung des Baues des Knochengewebes im weitesten Sinne und auch der weichen Bindesubstanz nicht unwichtige Erscheinung sind.

Was mich betrifft, so kenne ich die betreffenden Fasern schon lange, indem mein sehr geehrter Freund *Sharpey* mir dieselben gleich nach ihrer Auffindung in London zeigte. Als *Sharpey* im Jahre 1857 in Würzburg war, demonstrirte er dieselben *H. Müller* und mir aufs Neue und kann ich jetzt nur bedauern, dass ich derselben in der 3. Auflage meines Hand-

buches der Gewebelehre nicht weiter gedachte. Bei den von mir kurze Zeit darauf begonnenen vergleichend-histologischen Untersuchungen über das Knochengewebe stiessen mir nun allerdings nach und nach Bildungen auf, welche möglicherweise an die *Sharpey*'schen Fasern hätten erinnern können, allein dasjenige, was mir zuerst zu Gesicht kam, waren Fasern in Knorpelknochen, oder weicher osteoider Substanz, die ein sehr eigenthümliches Gepräge an sich trugen und anfangs ganz eigener Art zu sein schienen. Hierher zähle ich folgende Erfahrungen: 1) Im Jahr 1859 (Verh. d. phys. med. Ges. Bd. X. St. XXXVIII.) beschrieb ich kurz weiche, Bindegewebsbündeln ähnliche Fasern, welche von den aus osteoidem Gewebe bestehenden eigenthümlichen Knochenplatten von Orthagoriscus frei in die zwischen denselben gelegene Knorpelsubstanz hineinragen. 2) In meiner Abhandlung über die Beziehungen der Chorda dorsalis zur Bildung der Wirbel der Selachier und einiger andern Fische im X. Bande derselben Verhandlungen zeigte ich, dass die keilförmigen Knochenstücke der Wirbel der Haien mit Nickhaut nicht aus dem gewöhnlichen Knorpelknochen der Plagiostomen, sondern aus einer Bindegewebsverkalkung oder aus Faserknochen bestehen und vom Perioste aus sich bilden, sowie dass dieselben ausser Zellen in verkalkter Grundsubstanz viele, ebenfalls verkalkte, *radiär sie durchsetzende Fasern* enthalten, die aussen *mit weichen, Bindegewebsbündeln* ähnlichen *Strängen* im *Perioste* zusammenhängen. 3) Aehnliche Radialfasern in grosser Menge fand ich später auch in den Periostablagerungen oder dem Faserknochen der Säge von Pristis. (In dieser Zeitsch. Heft II.) 4) Endlich zeigten sich auch in den Schuppen von Lepidosiren in der weichen Faserlage, die bei andern Schuppen verkalkt auftritt, besondere, die Lamellen senkrecht durchsetzende Fasern (Ebendaselbst St. 18). — Jedermann wird einsehen, dass es nicht wohl möglich war, so ohne weiteres die genannten Bildungen auf die *Sharpey*'schen Fasern zu beziehen und in der That ging mir auch erst im Spätwinter dieses Jahres in dieser Beziehung ein Licht auf, als ich, an die Untersuchung der Wirbelsäule der Knochenfische gelangt, auch hier bei den verschiedensten Gattungen, sowohl in fester osteoider Substanz als in ächtem Knochengewebe, dieselben radiären Fasern wiederfand und bei weiterer Verfolgung solche auch in den Schuppen von Fischen und von Pseudopus und in den Knochen von Pseudopus und Bufo entdeckte. Hier konnten die Beziehungen zu den Fasern in den Knochen des Menschen und der Säuger keinem Zweifel unterliegen und stimmten sowohl *H. Müller*, der einige Zeit vorher die *Sharpey*'schen Fasern bei Säugern für sich dargestellt hatte, als auch *Sharpey*, den ich im Frühjahre in London sah, als ich ihnen einen Theil meiner Präparate zeigte, mit mir in dieser Deutung

überein. Seit dieser Zeit habe ich nun die *Sharpey'*schen Fasern besonders bei Fischen noch weiter verfolgt und will ich mir nun erlauben, die bis jetzt gewonnenen Erfahrungen in Kürze und vorläufig mitzutheilen.

Als Ausgangspunkt wähle ich die mir am besten bekannten *Wirbel* der Teleostier und will ich als Beispiel die des *Karpfen* genauer schildern. Bei diesem Fische besteht der Wirbelkörper aus einem compacten Doppelkegel, dessen äussere Aushöhlung durch schwammige Knochensubstanz erfüllt ist, die unmittelbar in die der Bogen übergeht, während die vorderen und hinteren kegelförmigen Vertiefungen die Chordareste aufnehmen, jedoch noch ausserdem von einer besonderen Beinhaut ausgekleidet sind, die an das äussere Periost angrenzt und auch mit dem bindegewebigen äusseren Theile der Ligamenta intervertebralia zusammenhängt. Alle Theile dieses Wirbelkörpers enthalten ächte Knochenzellen, dagegen finden sich radiäre Fasern einzig und allein in dem eigentlichen Doppelkegel. Senkrechte mittlere Längsschnitte und überhaupt alle Längsschnitte, die durch die Axe der Wirbel gehen, zeigen an mit Salzsäure erweichten Präparaten folgendes Verhalten. Von den dicken Basalrändern der hohlen Doppelkegel, die gegen die äussere Oberfläche der Wirbelkörper und nicht gegen die Chordareste hingerichtet sind, dringen eine grosse Zahl starker Fasern senkrecht in die Substanz der Doppelkegel hinein und verlaufen in jeder Hälfte derselben im Allgemeinen in der Richtung von der Basis gegen die Spitze oder gegen den Punkt, wo dieselben zusammenhängen. Längsschnitte zeigen daher diese Fasern parallel den Längsaxen oder den langen Rändern der 4 Schnittflächen der Doppelkegel, während dieselben auf senkrechten Querschnitten, die die Doppelkegel als einfache Ringe erscheinen lassen, mit ihren rundlichen Querschnitten sichtbar werden. Genauer bezeichnet ist das Verhalten der radiären Fasern an Längsschnitten folgendes. An den Basalrändern der Doppelkegel liegen die radiären Fasern alle einander parallel und ziemlich nahe beisammen und messen kaum unter 0,008''', während sie auf der andern Seite bis 0,015''' und darüber erreichen. Im weitern Verlaufe wenden sich dieselben successive gegen die betreffende eine Endfläche des Doppelkegels, indem sie eine nach der andern bogenförmig gegen dieselbe abbiegen, zugleich theilen sie sich auch, wie mir schien, unter sehr spitzen Winkeln oder verfeinern sich nach und nach, so dass sie allmählig in immer feinere Fäserchen von 0,002—0,001—0,0005''' übergehen und endlich als solche dicht an der Oberfläche der chordalen Wirbelkörperseite ihr Ende erreichen. Diesem zufolge sind somit die radiären Fasern in jeder Hälfte eines Kegels von sehr verschiedener Länge und bilden im Ganzen eine Art pinselförmiger Ausstrahlung, die von der Basis des Kegels gegen seine chordale Fläche geht.

Zwischen diesen radiären Fasern nun, von denen die feineren durch ihre Contouren an elastische Fasern, die gröberen an Bindewebsbündel erinnern und die, ausser einer feinen Streifung bei den letzteren, keine weitere besondere Structur und namentlich auch keine eingeschlossenen Kerne und Zellen erkennen lassen, befindet sich die eigentliche Knochenzellen enthaltende Substanz. Dieselbe zeigt einmal eine körnige Grundsubstanz, deren genauere Beschaffenheit mir noch nicht ganz klar geworden ist, ausser dass ich in derselben da und dort auch noch Fäserchen zu sehen vermeinte, die die radiären stärkeren Fasern untereinander der Quere nach verbanden, und zweitens die Knochenzellen, von denen ich, ohne ihre Form hier zu besprechen, nur das bemerken will, dass ihre längeren Axen sehr allgemein senkrecht auf die der radiären Fasern stehen.

Senkrechte Schnitte der Doppelkegel zeigen ausser den Fasern und der zellenhaltenden Substanz noch eine ziemlich deutliche Streifung rechtwinklig auf die radiären Fasern und parallel den Basalrändern der Kegel. Dieselbe besteht aus parallelen, in kurzen Abständen aufeinanderfolgenden, jedoch nicht scharf begrenzten Linien, welche offenbar nichts als Wachsthumslinien sind, indem die Doppelkegel nicht an den Flächen, sondern nur an den Rändern wachsen. Besagten Streifen entsprechen die längst bekannten concentrischen Linien, welche alle Fischwirbel an den chordalen Endflächen zeigen.

Alles bis jetzt Angegebene bezog sich einzig und allein auf mit Salzsäure erweichte Präparate und habe ich nun noch zu bemerken, dass an Knochenschliffen von den radiären Fasern nur Andeutungen gesehen werden. Als bestimmteste Anzeichen derselben können feine, mit Luft erfüllte Interstitien, die wie Röhrchen sich ausnehmen, gelten, die da und dort längs der Ränder der radiären Fasern jedoch ohne Gesetzmässigkeit auftreten und von einer lockereren Verbindung der sicherlich verkalkten Fasern mit der übrigen Knochensubstanz herzurühren scheinen. — In *chemischer* Beziehung stimmen die radiären Fasern nach meinen bisherigen Ermittlungen mit der übrigen Knochengrundsubstanz und werden ebenso rasch wie diese in concentrirten Mineralsäuren und kaustischen Alkalien zerstört, so dass nicht daran zu denken ist, dieselben in dieser Beziehung mit dem elastischen Gewebe zusammenzustellen.

Ueber die Entwicklung des die radiären Fasern enthaltenen Theiles der Wirbel von *Cyprinus carpio* gaben Salzsäurepräparate jüngerer und älterer Thiere hinreichenden Aufschluss. Ohne hier weiter auf die Geschichte der Bildung der Wirbel überhaupt eingehen zu können, will ich nur bemerken, dass der mittlere Theil eines jeden Doppelkegels der zuerst gebildete Abschnitt desselben ist und aus einer Verknöcherung des bindege-

webigen Theiles der Chordascheide hervorgeht, sowie dass das fernere Wachsthum der Wirbelanlage einmal auf einer Vergrösserung des Doppelkegels durch Wachsthum an seinen Basalrändern und zweitens durch Auflagerungen auf die Aussenseite desselben vom Perioste aus herrührt. Uns berührt hier vor Allem das erstere Wachsthum und zeigen Längsschnitte der Doppelkegel mit den angrenzenden Weichtheilen leicht, dass die *radiären Fasern* in *starke Bindegewebsbündel* übergehen, die eines dicht am andern das ganze Periost an den Rändern der Doppelkegel zusammenzusetzen scheinen. Eine genauere Betrachtung ergiebt jedoch, dass zwischen diesen Bündeln auch noch eine Menge von Saftzellen oder Bindegewebskörperchen vorkommen, sowie dass dieselben in die Knochenzellen der Doppelkegel übergehen. Etwas weiter vom Ossificationsrande weg nämlich sind die Saftzellen klein, länglich und mit den Bindegewebsbündeln parallel gelagert; je näher dem Knochen, um so mehr vergrössern sich dieselben, vermehren sich und *stellen sich quer*, so dass dicht am Knochen zwischen den Bündeln zusammenhängende Lagen querer Zellen sich finden. Diese gehen dann mit der Verknöcherung der Bindegewebsbündel in Knochenzellen über, zugleich muss aber auch zwischen denselben schon vorher oder gleichzeitig mit der Kalkablagerung eine Bildung einer Zwischensubstanz statthaben, welche dann zur Grundsubstanz des zellenhaltigen Theiles des Knochengewebes sich gestaltet. — Dem Gesagten zufolge kann nicht bezweifelt werden, dass die radiären Fasern der Doppelkegel nichts als verkalkte Bindegewebsbündel sind, doch wird man das Knochengewebe derselben nicht einfach verkalktes Bindegewebe mit gewucherten und sternförmigen Saftzellen nennen können, indem ausser den Bindegewebsbündeln noch eine besondere anderweitige Grundsubstanz da ist, die in der Matrix fehlt. —

Nach demselben Typus wie die Wirbel des Karpfen scheinen nach meinen bisherigen Untersuchungen die Wirbel der meisten Fische gebaut zu sein und habe ich bisher nur bei den Gattungen *Silurus* und *Salmo* die Abweichung gefunden, dass hier nicht nur der innere Doppelkegel, sondern der ganze Wirbelkörper, soweit derselbe aus compacter Knochensubstanz besteht, radiäre Fasern führt. So zeigen sich dieselben bei der Gattung *Salmo* auch in dem Knochenkreuz, welches zwischen den knorpeligen, tief in den Wirbel eindringenden Wurzeln der Bogen seine Lage hat, nur dass dieselben hier feiner sind, als in dem Doppelkegel. Bei *Salmo hucho* sind die radiären Fasern deutlicher fibrillär als bei andern Fischen und enthalten an Schliffen auch im Innern wie unregelmässige Spältchen und Höhlen. Ferner ist bei *Salmo* und *Silurus* die zellenhaltige Zwischensubstanz oft wie feinfaserig und zwar in der Richtung quer auf die Längsaxen der radiären Fasern,

auch scheinen diese hie und da, wie durch quere feine Anastomosen verbunden zu sein.

Dieselben radiären Fasern wie die Wirbel zeigen nun auch die *übrigen Knochen* der Fische in ihrer compacten Substanz; wie sich bei den Gattungen *Salmo, Esox, Gadus, Cyprinus, Sudis, Acipenser* und anderen leicht verfolgen lässt. Besonders schön und ungemein dicht sind dieselben in den Knochen von *Salmo* und hat sich hier am Unterkiefer ziemlich leicht nachweisen lassen, dass dieselben ebenfalls die Bedeutung von verkalkten Bindegewebsbündeln haben, welche vom Perioste aus senkrecht in den Knochen eindringen.

Endlich habe ich auch noch die aus ächter Knochensubstanz bestehenden *Schuppen* von *Polypterus* und *Lepidosteus* sowie von *Sudis gigas* namhaft zu machen, in denen ebenfalls eine ungemeine Zahl radiärer Fasern sich finden. Der Verlauf derselben ist hier zum Theil so verwickelt, dass es mir nicht möglich ist, in Kürze darüber zu referiren, ich will daher nur bemerken, dass dieselben auch hier die Bedeutung von Bindegewebsbündeln zu haben scheinen. Schon *Leydig* hat gesehen, dass an den Schuppen von *Polypterus* Bindegewebsbündel senkrecht an die untere Fläche der Schuppen herangehen und dann verkalken. Was er aber nicht bemerkt hat, ist, dass diese Büudel beim Ossificiren wie in eine Menge kleiner Bündel oder Fasern zerfallen, und als solche noch weit in die eigentliche Schuppe hinein sich verfolgen lassen, ohne jedoch bis in die oberflächlicheren gefässreicheren Theile derselben hineinzugehen.

So viel von den *Fischen*. Von *Amphibien* habe ich bis jetzt nur *Bufo cinereus* und *Pseudopus* untersucht. Bei der ersten Gattung fanden sich im Femur ziemlich hübsche Fasern, die jedoch nur in den äusseren Lamellen vorkamen, um die Haversischen Kanälchen und im Innern überhaupt fehlten. *Pseudopus* hat in den Wirbeln stellenweise ganz hübsche feinere Radialfasern, wogegen dieselben in den Schuppen in grosser Entwicklung sich finden und die ganze untere Hälfte der Schuppen einnehmen. Alle Fasern, deren Durchmesser 0,01—0,015—0,02''' betragen, dringen von der unteren Fläche und von den Rändern aus senkrecht in die Schuppen hinein und verlieren sich in der obern gefässreichen Hälfte derselben. Nach aussen stehen dieselben ebenfalls mit Bindegewebsbündeln in Verbindung und folgen somit dem nämlichen Bildungsgesetze, wie die radiären Fasern der Fische.

Bei *Vögeln* ist es mir bei einigen wenigen Untersuchungen bisanhin nicht gelungen, radiäre Fasern zu finden, und was die *Säugethiere* anlangt, so habe ich mich mit denselben auch nicht specieller beschäftigt, da ich wusste, dass mein College *H. Müller* dieselben zum Gegenstande

besonderer Studien zu machen beabsichtigte. Die Fasern des Menschen, die ich aus eigener Anschauung kenne, stimmen im Ansehen ganz mit denen der Fische überein und bin ich vorläufig geneigt, ihnen dieselbe Bedeutung zuzuschreiben.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass, wenigstens bei Fischen und wahrscheinlich auch bei Amphibien, in weiter Verbreitung besondere Fasern im Knochengewebe und zwar sowohl in ächtem Knochen mit Zellen, als auch in einfacher osteoider Substanz sich finden, die mit den *Sharpey*'schen Fasern des Menschen die grösste Aehnlichkeit haben und Allem zufolge mit denselben identisch sind. Wie die Sache jetzt liegt, kann auch nicht von ferne bezweifelt werden, dass die von mir beschriebenen Fasern im Faserknochen der Plagiostomen (in den Wirbeln, in der Säge von *Pristis*) in dieselbe Kategorie gehören; ebenso dürfen wohl auch die sonderbaren Fasern, die *Williamson* aus den Schuppen von *Ostracion* beschrieben hat (Phil. Trans. 1851 II.) hieher gezählt werden. Aber nicht nur diese Fasern in verkalkten Geweben, auch solche aus weicheren Bindegewebsformationen, wie vor Allem die von mir geschilderten senkrechten Fasern der Lepidosirenschuppen und die weichen Faserbündel der Orthagoriscusknochen, müssen wohl in dieselbe Reihe zu stehen kommen und so gelangen wir ganz allmälig zu den senkrecht die genuinen Bindegewebsbündel durchsetzenden Fasern des gewöhnlichen Bindegewebes, die namentlich aus der Cutis schon von verschiedenen Autoren beschrieben wurden und hier eine weite Verbreitung zu haben scheinen. Diese letztgenannten Fasern sehen übrigens bald mehr wie Bindegewebsbündel, bald mehr wie elastische Elemente aus und sind mit Bezug auf ihre Entwicklung noch nicht so weit verfolgt, dass es möglich wäre, eine vollständige Parallele zwischen denselben und den *Sharpey*'schen Fasern der Knochen zu ziehen.

Mit Bezug auf die Entwicklung und Bedeutung des Gewebes, das wir Knochengewebe zu nennen gewohnt sind, ist das hier Auseinandergesetzte wieder ein neuer Beweis, dass dasselbe sehr verschiedene Modificationen in sich schliesst. Wie die Beobachtungen jetzt liegen, lassen sich auf jeden Fall schon folgende Abarten von Knochengewebe aufstellen:

1) *Knochengewebe aus Zellen und homogener Zwischensubstanz.* Die Zellen können spindel- oder sternförmig sein (Knochenzellen) oder Röhrchen (Zahnröhrchen). *Vorkommen:* Im ächten Knochengewebe als Haversische Lamellen, im Zahnbein, in den Knochen vieler Fische.

2) *Knochengewebe aus ächtem verknöchertem fasrigem Bindegewebe. Vorkommen:* Faserknochen der Vögel (ossificirte Sehnen), und der Plagiostomen, Periostablagerungen der Knochen der höhern Thiere.

3) *Knochengewebe aus Bindegewebsbündeln einerseits und Zwischensubstanz andererseits*, die in den einen Fällen Knochenzellen enthält, in den andern derselben entbehrt. *Vorkommen:* Knochen der Fische mit radiären Fasern.

4) *Knochengewebe aus horizontal-faserigem Bindegewebe und Zellen mit dasselbe durchsetzenden radiären Fasern. Vorkommen:* Periostablagerungen der Säuger z. Th.

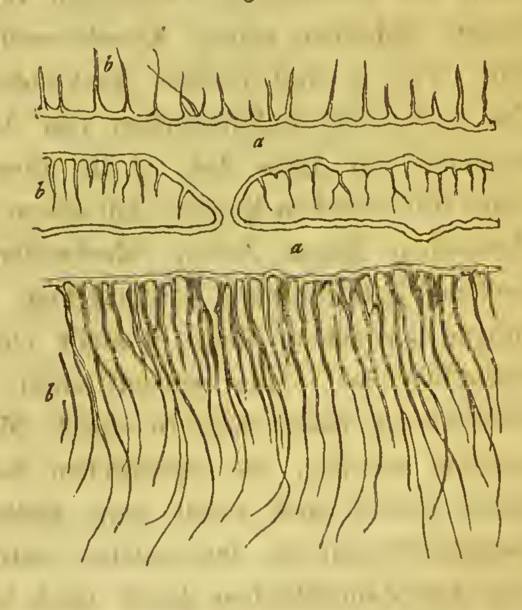
Es erübrigt nun noch, einen vergleichenden Blick auf andere in den Knochen vorkommende radiäre Elemente zu werfen und zwar auf die Zahnröhrchenartigen Bildungen, um zu fragen, wie dieselben zu den radiären Fasern sich verhalten. Diese Frage ist um so weniger müssig, als einerseits die Zahnröhrchen, wenn isolirt, auf's täuschendste Fasern ähnlich sehen, andrerseits die Stellen, wo die radiären Fasern liegen, in Knochenschliffen meist durch Röhrchen oder Röhrchensysteme bezeichnet sind. *Zahnröhrchenartige Bildungen* finden sich, wie *Quekett* (Histol. Catalogue II.) und ich (Würzb. Verh. Bd. IX. S. 264) gezeigt haben, in sehr vielen Fischknochen, ebenso kommen dieselben nach den Untersuchungen von *Agassiz* (Poissons fossiles), *Williamson* (Phil. Transact. 1849 II.), *Quekett* (Histol. Catol. II.) und mir (l. c.), die neulich *Reissner* wenigstens für die Schuppen an *Lepidosteus* und *Polypterus* bestätigt hat (Müll. Arch. 1859), auch in den Stacheln und Flossenstrahlen mancher Fische, in den

Fig. 1.



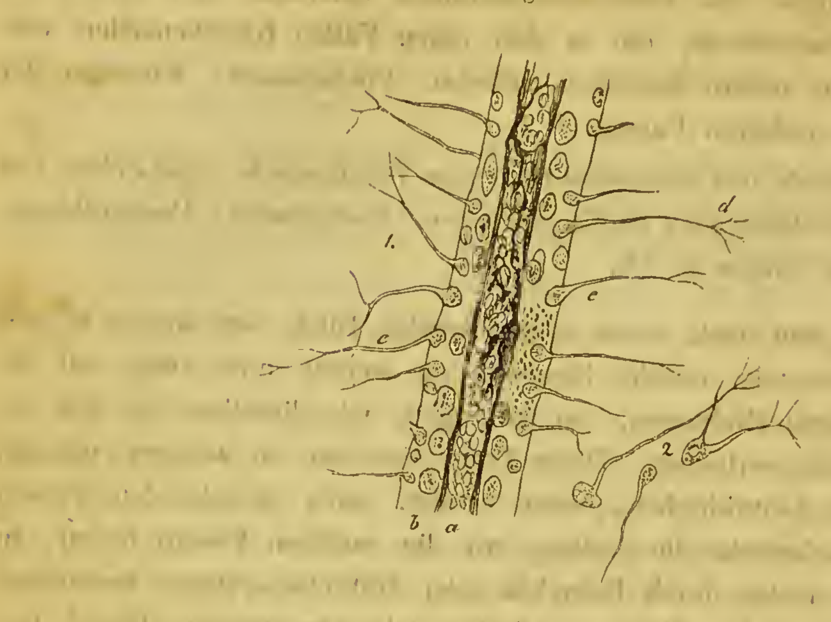
Lepidosteus (Schuppe).

Fig. 2.



Knochen des Chinesischen Tabakspfeifenfisches, mit Salzsäure behandelt.

Fig. 3.



Zahnkanälchen aus den Knochen von Amia, durch Salzsäure dargestellt.

Schuppen vieler Ganoiden und der Ostracionten und in den Hautknochen von *Amphisile* vor. Nach meinen Untersuchungen an den Schuppen von *Lepidosteus* und *Polypterus* und den Knochen von *Aulacostoma*, *Fistularia* und *Amia* lassen sich diese Röhrchen durch Maceration der betreffenden Hartgebilde in concentrischer Salzsäure und Salpetersäure oder in Kali causticum ebenso *isoliren*, wie die Zahnröhrchen des Menschen und sind somit mit besonderen Wandungen versehene Röhrchen. Fig. 1 stellt solche isolirte Röhrchen sammt Knochenzellen aus den Schuppen von *Lepidosteus* dar. Fig. 2 sind isolirte Auskleidungen Haversischer Gefässkanäle mit den ansitzenden Zahnröhrchen von *Aulacostoma sinense* und Figur 3 stellt dasselbe von *Amia* dar. *1* in dieser Figur ist die isolirte Auskleidung eines Haversischen Kanales mit einem eingeschlossenen Blutgefässe *a*. Neben demselben liegen Zellen (Markzellen) *b*, die zum Theil in die ebenfalls isolirten Zahnröhrchen *c* übergehen, an denen bei *d* auch noch Verästelungen zu sehen sind. 2 stellt einige solche ganz isolirte Zellen und Röhrchen dar. Man erkennt somit, dass während die radiären oben beschriebenen Knochenfasern durch Mineralsäuren und caustische Alkalien zerstört werden, die eigentlichen Zahnröhrchen gerade umgekehrt Widerstand leisten und somit ganz andere Bildungen sind, wobei übrigens zu berücksichtigen ist, dass solche isolirte Röhrchen ebenso wie diess auch von den Zahnröhrchen durch mich beschrieben worden ist, *täuschend wie Fasern sich ausnehmen* und zu Verwechselungen mit wirklichen Fasern Veranlassung geben könnten.

Eine ganz andere Art von Röhrchen in Hartgebilden sind diejenigen, welche *Williamson* in der vorhin citirten Arbeit als *„lepidine tubes"* beschreibt und die auch *Reissner*, der auffallender Weise von *Williamson*'s ausgezeichneter Abhandlung nicht die geringste Notiz genommen hat, erwähnt. Ich kenne diese Röhrchen aus vielen Schuppen und Knochen von Fischen, sowohl solchen mit Knochenzellen als solchen, die einfach aus osteoider Substanz bestehen. Nach meinen Erfahrungen lassen sich die *lepidine tubes nirgends isoliren* und sind somit ganz andere Bildungen als die mit besonderen Wandungen versehenen vorhin erwähnten Zahnröhrchen. Ferner habe ich ermittelt, dass solche *lepidine tubes immer da vorkommen, wo radiäre Fasern sich finden* und nichts als *Spältchen in denselben* oder *neben denselben sind.* — Meine Untersuchungen sind übrigens noch nicht so weit ausgedehnt, dass ich für jeden einzelnen Fall angeben könnte, ob in Schliffen erscheinende Röhrchen nur Spältchen oder wirkliche Zahnröhrchen sind und will ich namentlich noch zwei Bildungen namhaft machen, in Betreff welcher ich mir ein Urtheil noch vorbehalte, nämlich 1) die von *Tomes* und *de Morgan* in menschlichen Knochen beschriebenen Röhrchen und 2) die im Cement menschlicher und thierischer Zähne vorkommenden Kanälchen (Siehe m. Mikr. Anat. Fig. 200, Gewebelehre 3. Aufl. Fig. 203). Meiner vorläufigen Anschauung zufolge sind diese Röhrchen Zahnröhrchen, doch kann hierüber erst die mikrochemische Untersuchung vollständigen Aufschluss geben.

Fasern von den chemischen Characteren *elastischer Fasern*, die *H. Müller* in den Knochen des Ochsen anzunehmen geneigt ist, sind mir bei meinen bisherigen Untersuchungen noch nicht vorgekommen, doch bin ich nicht gemeint, ihre Existenz zu läugnen, um so mehr, da auf jeden Fall in gewissen Knorpeln (Wirbel der Störe, elastische Knorpel) solche Fasern vorkommen. Immerhin kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass das faserartige Aussehen aus dem Knochengewebe isolirter Gebilde mir nicht zu genügen scheint, um solche für Fasern zu erklären, da die oben gegebenen Figuren hinreichend beweisen, dass die Zahnröhrchen, wenn isolirt, aufs täuschendste Fasern gleichen.

Als Gesammtresultat meiner Erfahrungen stelle ich zum Schlusse noch folgende Sätze auf.

1) Es finden sich in manchen Knochenarten, sehr verbreitet bei Fischen, aber auch bei Amphibien und wahrscheinlich beim Menschen, radiäre Fasern (*Sharpey*'sche Fasern), die nichts als ossificirte Bindegewebsbündel sind und mit weichen Bindegewebsbündeln im Perioste direct zusammenhängen.

2) Diese Fasern, die nie Knochenzellen in sich enthalten, finden sich nur in ächten Bindegewebsossificationen, wie in Periostablagerungen und Schuppen, sind jedoch nicht in allen solchen als isolirte Bildungen deutlich, sondern vor allem in denen, in welchen die Saftzellen beim Verknöchern eine besondere Zwischensubstanz zwischen sich entwickeln.

3) Analoge Fasern finden sich auch in nicht verkalkten festeren bindegewebigen Organen, wie in der Faserlage von Fischschuppen und in der Cutis.

4) Andere radiäre Bildungen in Hartgebilden sind die *Zahnröhrchen* in Knochen, Schuppen, Zähnen, die als mit besonderen Wandungen versehene Kanälchen anzusehen sind, chemisch ganz anders sich verhalten als die *Sharpey*'schen Fasern, denen sie isolirt gleichen, und aus zelligen Elementen sich entwickeln.

5) Eine dritte Art von radiären Gebilden sind die *lepidine tubes* von *Williamson*, die sich nicht isoliren lassen, keine besonderen Wandungen haben und nichts als Spältchen und Klüfte im Bereiche der radiären Fasern sind.

Ueber das Vorkommen von freien Talgdrüsen am rothen Lippenrande des Menschen.

Von

A. Kölliker.

Im Jahre 1850 machte ich bei Betrachtung eines lebenden Chimpansé in Antwerpen gelegentlich die Beobachtung, dass dieses Thier an dem unbehaartem Theile der Lippen grosse frei ausmündende Talgdrüsen besitzt (Zeitschr. f. wiss. Zool. III. S. 88.). Kurz vorher hatte ich in Amsterdam an einem Orang das Vorkommen einer Gänsehaut wahrgenommen, was mich dann zu dem Ausspruche bewog, dass, wenn auch hierin eine Menschenähnlichkeit sich zu erkennen gebe — denn von glatten Hautmuskeln war zu dieser Zeit bei Säugethieren sonst nichts bekannt geworden — auf der andern Seite die Existenz von Talgdrüsen an den unbehaarten Theilen der Lippen eine bedeutende Abweichung darstelle. In dieser Hinsicht war ich jedoch im Irrthume befangen und wird das Folgende zeigen, dass der Mensch in dieser Beziehung vor gewissen Säugern nichts voraus hat.

Schon seit längerer Zeit war mir das Vorkommen von kleinen weisslichen Pünktchen an meinen eigenen Lippen aufgefallen; da jedoch über Talgdrüsen des rothen Lippenrandes nichts bekannt war (kein Autor erwähnt solche und manche, wie z. B. Krause [Art. Haut S. 127], sagen noch ausdrücklich, dass diese Drüsen an den Lippen nur bis zum Anfange des rothen Lippenrandes sich erstrecken) und jene ältere Beobachtung über die Lippendrüsen des Chimpansé mir entfallen war, achtete ich nicht weiter auf die Sache und hielt die fraglichen Pünktchen für Epithelialwucherungen. Eines Tages, beim zufälligen Anspannen der Lippen, kamen mir jedoch diese Gebilde so drüsenartig vor, dass ich mir vornahm, dieselben an Leichen zu untersuchen und siehe da, das erste Präparat zeigte mir entschiedene Talgdrüsen. Seit dieser Zeit habe ich sowohl an Lebenden als an Todten diese Drüsen weiter verfolgt und kann ich nun, gestützt auf die Untersuchung von etwa 50 Individuen, über dieselben Folgendes mittheilen.

Abdruck aus der Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. XI. Bd. 3. Hft. 1861.

1. Das Vorkommen überhaupt anlangend, so sind die Talgdrüsen des rothen Lippenrandes sowohl bei Erwachsenen beiden Geschlechtes, als auch bei Kindern nahezu constant, immerhin fehlen sie bei dem einen oder andern Individuum, so weit sich dies beim Lebenden beim Anspannen der Lippen und von blossem Auge erkennen lässt und habe ich bis jetzt 4 Fälle gesehen, in denen dieselben nicht wahrzunehmen waren.

2. Der Sitz der Drüsen ist vorzugsweise die Oberlippe und an dieser finden sie sich bald in der ganzen Breite von einem Mundwinkel zum andern, bald nur an einzelnen Stellen. Im letztern Falle ist ihr Lieblingssitz die Gegend nahe an den Mundwinkeln; doch können sie hier auch fehlen und einzig und allein auf die Mitte der Lippe beschränkt sein. An der Unterlippe fehlen sie häufig ganz und gar und wenn sie sich finden, erscheinen sie, so weit meine bisherigen Ermittelungen reichen, fast nie in der Mitte der Lippen, sondern meist nur seitlich dicht am Mundwinkel.

In der Breitendimension der Lippen ist die Lage der Talgdrüsen die, dass sie vorzugsweise an dem Theile des rothen Lippenrandes sich finden, der bei leicht geschlossenen Lippen von aussen sichtbar ist. An der Berührungsstelle beider Lippen liegen häufig auch noch einzelne Drüsen, dagegen werden sie weiter einwärts ohne Ausnahme vermisst und fehlen gewöhnlich auch in einem schmalen Saume an der Grenze des behaarten und des rothen Lippentheiles.

3. Die Menge der Drüsen ist sehr wechselnd und geht von 10—20 bis zu 50 ja selbst 100 und mehr. Am häufigsten sind die Extreme, die Fälle, in denen einmal die Oberlippe in der ganzen Breite eine Zone solcher Drüsen besitzt, die überall zu 3—5 hinter einander liegen und zweitens die, in denen diese Organe nur in einfacher Reihe am Mundwinkel zu sehen sind.

Bei Betrachtung der Drüschen an Lebenden in verschiedenen Zeiten ist es mir übrigens vorgekommen, als ob die Zahl derselben bei einem und demselben Individuum nicht immer dieselbe wäre. Sollten vielleicht solche einfache Drüschen vergehen oder noch beim Erwachsenen neu sich bilden können? Unmöglich wäre dies nicht ebenso gut als auch bei den Haaren zeitlebens ein Bildungsprocess vorkommt, und wohl auch beim Erwachsenen Haare ganz neu entstehen.

4. Auch die Grösse und Form der Drüsen ist sehr veränderlich. Von zierlichen grossen Rosetten, die an die grossen Formen anderer Localitäten erinnern, finden sich alle Uebergänge bis zu ganz winzigen nur mit 2—4 Drüsenbläschen versehenen Organen. Dicke wulstige Lippen zeigen meist grössere Formen, zartere, besonders beim weiblichen Geschlechte nur die einfacheren Gestalten.

5. Im feineren Baue und Inhalte stimmen diese Talgdrüsen vollkommen mit denen anderer Orte überein und habe ich nur das zu bemerken, dass in einzelnen Fällen in den Ausführungsgängen Bildungen

vorkamen, die mir ganz rudimentäre Härchen zu sein schienen. Hervorragende Härchen wurden nirgends gesehen.

6. Ueber die physiologische Bedeutung dieser Drüschen wird sich wohl kaum etwas Erhebliches und Anderes vorbringen lassen, als dass sie die Lippen in etwas geschmeidig erhalten und vor dem Austrocknen schützen, dagegen gäbe allerdings das Vorkommen einer Secretion, die nicht eben zu den bevorzugteren gehört, gerade an diesem Orte zu Bemerkungen Anlass, die jedoch hier nicht weiter ausgeführt werden sollen, um nicht wieder einmal die Naturforschung dem Vorwurfe auszusetzen, dass sie mit ihrem Ergründen allen und jeden Details schliesslich jede Illusion zerstöre. — Somit scheinen vom Standpunkte der Physiologie diese Drüschen vorläufig nur ein Curiosum zu sein, dagegen möchten dieselben vielleicht doch für die pathologische Anatomie eine gewisse Bedeutung beanspruchen dürfen. Schon jetzt lässt sich anführen, dass wahrscheinlich gewisse Erkrankungen der Lippen mit denselben zusammenhängen, und zwar die von verschiedenen Autoren an den Lippen beschriebenen fetthaltigen Cysten. Zwar hat Sebastian (Recherch. sur les glandes labiales, Groningue 1842 pg. 11) solche Cysten, die nach ihm eine weissliche, dickliche, schmierige Masse enthielten, auf die längst bekannten traubigen Lippendrüsen bezogen, allein nachdem einmal jetzt Talgdrüsen an den Lippen selbst nachgewiesen sind, spricht die Wahrscheinlichkeit viel eher für diese Drüsen. Bestimmtes werden erst genaue neue Untersuchungen ergeben können und solche werden dann auch zeigen, ob vielleicht die fraglichen Talgdrüsen bei noch anderen Erkrankungen der Lippen eine Rolle spielen, wobei übrigens zu beachten sein wird, dass die Drüsen vorzugsweise an der Oberlippe vorkommen.

In allgemeiner Beziehung kann noch hervorgehoben werden, dass an den meisten Stellen, wo die äussere Haut und Schleimhäute zusammentreffen, von den Hautdrüsen die Talgdrüsen am längsten sich erhalten. So an den Augenlidern als Meibom'sche Drüsen, an den rothen Lippentheilen, an den kleinen Schamlippen, am Praeputium und an der Glans penis. Selbst am Anus habe ich einwärts der behaarten Stellen in einzelnen Fällen noch Talgdrüsen gesehen.

Das Vorkommen von Talgdrüsen an den Lippen von Thieren habe ich bis jetzt nicht verfolgt und kann ich ausser der oben erwähnten Beobachtung über die Lippen des Chimpansé vorläufig nichts mittheilen.

NEUE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

ENTWICKLUNG DES BINDEGEWEBES

VON

A. KÖLLIKER.



WÜRZBURG.

Druck und Verlag der Stahel'schen Buch- und Kunsthandlung.

1861.

Nachdem die Lehre vom Bindegewebe und den verwandten Bildungen nun schon seit vielen Jahren von den verschiedenen Forschern in der abweichendsten Weise vorgetragen worden ist, möchte es endlich an der Zeit sein, den Versuch zu wagen, dieselbe von dem Gebiete aus, welches hier in erster Linie massgebend ist, nämlich von der Seite der Entwicklungsgeschichte her, bleibend zu begründen. Ohne irgend einem der zahlreichen Forscher, welche auf diesem Felde thätig gewesen sind, Unrecht thun zu wollen, ist es doch wohl erlaubt, zu behaupten, dass sowohl die neuen von *Virchow* und *Donders* aufgestellten Sätze, welche als ein so mächtiger und wirksamer Zündstoff sich erwiesen, als auch die vernichtenden von *Henle* denselben entgegen gehaltenen Behauptungen, vorzüglich und vor Allem auf Beobachtungen an den fertigen Geweben sich stützen, und nur nebenbei auch die Entwicklungsgeschichte als Grundlage benutzen. Auch von den Kämpen zweiten Ranges in diesem Streite, zu denen ich mit *Reichert*, *Remak*, *Bruch*, *H. Müller*, *Hessling*, *A. Baur* u. A. auch mich stelle, hat bis jetzt Keiner eine ganz zusammenhängende und planmässig zum Abschlusse gebrachte Reihe von Erfahrungen an Embryonen über alle in Betracht kommenden Fragen aufzuweisen und doch ist nicht zu bezweifeln, dass nur auf diesem Wege schliesslich das Richtige aufgefunden und dem bedauerlichen immer noch herrschenden Zwiespalte der Meinungen ein Ende gemacht werden kann.

Obgleich diese Ueberzeugung, wie mein häufiges und immer wiederholtes Hinweisen auf die Entwicklungsgeschichte hinlänglich beweist, schon von jeher in mir lebte und ich auch schon seit langem den Plan

mit mir herumtrage, meine vereinzelten Beobachtungen über die erste Entstehung des Bindegewebes durch eine zusammenhängende Beobachtungsreihe zu vervollständigen und zu prüfen, so bin ich doch erst in diesem Jahre dazu gekommen, mein Vorhaben wirklich auszuführen. Hierbei hat sich mir, wie ich gleich von vorne herein offen bekennen will, die Nöthigung ergeben, meine bisherigen Auffassungen wesentlich umzugestalten und manches von dem aufzugeben, was mir bisher als unzweifelhaft richtig erschien. Was ich bei dieser Sachlage allein bedauern muss, ist das, nicht schon seit Langem die nun beendete Untersuchung durchgeführt zu haben, denn auf der einen Seite haben sich meine bisherigen Erfahrungen, wenn auch nicht in der Deutung, doch im Thatsächlichen als richtig ergeben und anderseits wird durch den Standpunkt, zu dem ich jetzt gelangt bin, ein langjähriger Zwiespalt zwischen dem, was ich meinte als richtig beobachtet und gedeutet ansehen zu dürfen, und dem, was aus allgemeinen Gründen je länger je mehr fast als unabweislich dem Geiste sich aufdrang, gründlich und für immer beseitigt. Mit einem Worte, *ich gebe meine Annahme, dass das fibrilläre Bindegewebe und die elastischen Fasern aller Art aus Zellen sich aufbauen, auf und erkläre die Bindegewebskörperchen oder Saftzellen*, die man mit einem allgemeinen Namen als *Zellen der Bindesubstanz* oder für das Bindegewebe als *Bindegewebszellen* bezeichnen kann, *als die einzigen wesentlichen zelligen Elemente dieses Gewebes und als die für die Lebensvorgänge wichtigsten Gebilde desselben.* Alle von *Schwann* und mir als Bildungszellen des Bindegewebes beschriebenen und abgebildeten spindel- und sternförmigen, freien und anastomosirenden Zellen existiren als solche, bilden sich jedoch nicht in den faserigen Theil des Gewebes um, sondern verharren in dieser oder jener Form als zellige Gebilde oder gehen in gewissen Fällen im Laufe der Entwicklung ganz zu Grund. Im Allgemeinen und Wesentlichen stimme ich somit mit *Virchow* überein, indem ich 1) das fibrilläre Bindegewebe für ein Zwischengewebe und die Zellen als die Hauptsache betrachte und 2) Bindegewebe, Knorpel, Knochen und Zahnbein als ganz verwandte Gewebe auffasse; immerhin weiche ich von demselben darin ab, dass ich, z. Th. in Uebereinstimmung mit *H. Müller* und *Henle*, jede Beziehung der Zellen zu den elastischen Fasern läugne und dieselben in der Entwicklung der leimgebenden fibrillären Substanz gleich setze.

Nach diesen Vorbemerkungen wende ich mich nun zu einer Darstellung meiner Erfahrungen. Da es nicht meine Absicht ist, eine ausführliche Geschichte der wechselvollen und verwickelten Schicksale der Lehre vom Bindegewebe in den letzten 2 Jahrzehnten zu schreiben, mein Bestreben vielmehr einfach dahin geht, meine neuen Beobachtungen in Kürze

darzulegen und meinen jetzigen Standpunkt zu rechtfertigen, so wird man es mir nicht verübeln, wenn ich nicht jede Ansicht und jede Beobachtung in ihrer allmähligen Entstehung und Umwandlung verfolge und nicht alle Forscher nenne, die da oder dort sich bemerklich gemacht haben. Die Geschichte der lezten 10 Jahre seit *Virchow's* und *Donders'* wichtigen Untersuchungen ist jedem leicht zugängig und so genüge die Bemerkung, dass die Erfahrungen, die mir eigen sind, leicht in die Augen springen und der Werth meiner Mittheilung vor Allem in der zusammenhängenden Reihe der Beobachtungen und der Auffassung des Gesehenen zu suchen ist. —

In der Schilderung der Einzelnheiten glaube ich am sichersten zu gehen, wenn ich zuerst von den elastischen Fasern, dann der fibrillären leimgebenden Substanz und zuletzt von den Bindegewebszellen handle.

1. Entwicklung der elastischen Fasern.

Die frühere Ansicht von *Henle* und diejenige von *Donders* und *Virchow* über die Entwicklung der sogenannten Kernfasern oder feinen elastischen Fasern und meine Darstellung der Bildung der gröbern elastischen Fasern als bekannt voraussetzend, wende ich mich gleich zur Schilderung der allmäligen Entstehung der neuen Lehre von der Bildung der gröbern und feinern elastischen Fasern ohne Betheiligung von Zellen. Dieselbe entwickelte sich vom Studium der groben elastischen Fasern des Nackenbandes von Thieren aus und ist, wie man weiss, *H. Müller* der erste, bei dem schon im Jahre 1847 eine hierauf bezügliche Aeusserung sich findet. Derselbe sagt nämlich (Bau der Molen S. 62 Anm.) wörtlich Folgendes: „Im Lig. nucha reihen sich die im amorphen Blasteme dicht gedrängten Kerne nicht unmittelbar aneinander, sondern schwinden wieder und in diesem, wenn man will, secundären Blasteme treten die elastischen Fasern als solche aber von kaum messbarer Dicke auf; allmählig dicker werdend erreichen sie ihre volle Stärke erst nach der Geburt." Dieser Mittheilung gegenüber, deren Werth allerdings dadurch etwas gemindert wird, dass *H. Müller* in einem Nachsatze auch andere Entwicklungen elastischer Fasern anzunehmen scheint, wurde später von mir geltend gemacht (Würzb. Verh. Bd. III. St. 2, Handb. d. Gewebelehre 1. Aufl. S. 50), dass in der Aorta, im Nackenbande und in der Fascia superficialis abdominis dieselben kurzen Spindelzellen wie im gewöhnlichen Bindegewebe und ihre Vereinigung zu anfangs feinen Fasern nachzuweisen sei, woraus ich dann den Schluss ableitete, dass die Uebereinstimmung der gröbern und feineren elastischen Fasern auch in der Genese feststehe.

Schien so *H. Müller's* Aufstellung von der selbständigen Entwick-

lung der elastischen Fasern des Nackenbandes nichts weniger als gesichert, indem er auf die zahlreichen Spindelzellen des embryonalen Nackenbandes keine Rücksicht genommen hatte, so wurde dieselbe doch bald nach meiner ersten Mittheilung durch Angaben von *Henle* und *Reichert* aufs neue gestützt. *Henle* (*Canstatt's* Jahresber. v. 1851 S. 29) findet im Nackenbande von Rindsembryonen neben einer homogenen und schwach längsstreifigen Substanz zahlreiche rundliche und längsovale Kerne. Behandelt man das Band einige Stunden mit Salpetersäure, so lässt es sich in lange dünne Faserzellen, die den Kern einschliessen, trennen, doch betrachtet *Henle* diese faserigen Anhänge wegen der schleimigen und fadenziehenden Beschaffenheit, die die Grundsubstanz des Bandes annimmt, nur als Kunstproducte. Schon bei 4zölligen Embryonen kommen innerhalb der Masse, obschon die Kerne keine Veränderungen zeigen, sehr weitläufige longitudinale Netze von Fasern vor, die in ihrer ausserordentlichen Feinheit und ihrem eng geschlängelten Verlaufe den feinsten Kernfasernetzen des Binde- und Muskelgewebes gleichen. So fein sie sein mögen, widerstehen sie einem einmaligen Aufkochen in kaustischer Kalilösung, während die Kerne durch diese Procedur jetzt und später vernichtet werden. *Henle* zeigt dann ferner, dass die Kerne später länger, dunkler und geschlängelt werden, sagt aber, dass es ihm doch nicht glaublich sei, dass dieselben zu den elastischen Fasern zusammenwachsen und dass die bis dahin sichtbar gewesenen Fasern aus Kernen hervorgegangen seien, weil er, so oft er auch die Untersuchung wieder aufnahm, doch nie ein Präparat gewann, das entschieden auf diesen Gang der Entwicklung gedeutet hätte, auch in den Fällen nicht, wo die Entwicklung der Kernfasern erst in einem Theile des Lig. nuchae begonnen hatte und wo zu erwarten gewesen wäre, dass sich zwischen den kernfaserhaltigen und den einfach kernhaltigen Regionen die Uebergänge finden mussten. Schon die ersten und feinsten Kernfasern waren vollkommen continuirlich und gleichförmig und die Kerne waren oft gerade da am wenigsten in die Länge gezogen, wo die Bildung der elastischen Fasern grössere Fortschritte gemacht hatte.

Aehnlich wie *Henle*, nur kürzer, spricht sich auch *Reichert* über das Lig. nuchae aus (*Müll.* Arch. 1852. Jahresb. p. 95). Auch er hat vergeblich nach einem Präparate gesucht, in welchem sich Uebergänge von den anfangs so zahlreich darin vorkommenden kernartigen Körperchen zu den elastischen Fasernetzen vorgefunden hätten. Die Fasernetze zeigen sich plötzlich vollendet, aber die Fasern sind ausserordentlich fein, während die kernartigen Körper sich nicht mehr deutlich nachweisen lassen.

Beide diese Mittheilungen erklärte ich, wie die frühere von *H. Müller*, aller Berücksichtigung werth, bemerkte jedoch (Handb. d. Gewebe-

lehre 2. Aufl. S. 69); dass bei menschlichen und thierischen Embryonen durch Behandlung des Lig. nuchae mit Salpetersäure von 20 % eine ungemeine Zahl der evidentesten Spindelzellen sich erhalten lassen, die zum Theil in feine Fasern auslaufen, sowie dass alle Kerne, die man im fötalen Nackenbande sieht, diesen Spindelzellen angehören, neben denen noch gewöhnliches Bindegewebe da sei, so dass für mich kein Grund vorliege, die elastischen Fasern des Nackenbandes von denen der Sehnen zu trennen, deren Bildung aus Spindelzellen mir unzweifelhaft schien. Keiner der bisherigen Autoren hatte diese schönen Spindelzellen gewürdigt und verfolgt und da dieselben neben schon gebildetem Bindegewebe sich fanden, im älteren Nackenbande dagegen nicht mehr anzutreffen waren, so schien es mir um so wahrscheinlicher, dass sie in der That die elastischen Fasern liefern.

In neuester Zeit sind nun noch mehrfache Aeusserungen in Betreff der elastischen Fasern zu Tage getreten. *Henle* (Jahresb. v. 1858 S. 50 u. flgde.) hält zwar an dem Resultate seiner früheren Beobachtungen fest, gibt jedoch zu, dass Manches für die *Donders - Virchow*'sche Auffassung spreche, und geht selbst so weit, zu sagen, dass es Stellen gebe, wo noch beim Neugeborenen und selbst beim Erwachsenen pralle kugelige Zellen mit deutlichem Kern strahlig auslaufende Fasern ab- und einanderzusenden, die sich von elastischen Fasern in keiner Weise unterscheiden, als welche Zellen diejenigen des Stroma der Chorioidea und der Wirbelsynchondrosen bezeichnet werden. Immerhin bemerkt *Henle*, dass er nach Uebergängen solcher sternförmig verzweigten Zellen in einfache Fasernetze vergeblich gesucht habe. Wollte man die elastischen Fasernetze der Sehnen von den Bindegewebskörperchen ableiten, so müsste man, da die Zahl dieser Körperchen bei Erwachsenen kaum vermindert erscheine, zu der Annahme greifen, dass nur eine kleine Minderzahl derselben zum Auswachsen in Fasern bestimmt sei. In lange Fäden ausgezogene Zellen, wie *Frei* sie abgebildet, gewann auch *Henle* häufig aus embryonalen Sehnen, aber mit Essigsäure geprüft, erwiesen sich die Fäden immer als Bindegewebe und um sie für elastische erklären zu dürfen, müsste man die unbeweisbare und freilich auch unwiderlegliche Behauptung aufstellen, dass die eigenthümlichen chemischen Charactere der elastischen Fasern erst dann auftreten, wenn die Faser gleichförmig geworden, die der Zelle entsprechende Verdickung ausgeglichen sei. *Henle* schliesst dann mit der Bemerkung, dass nach dem jetzigen Stande der Beobachtung ein dreifacher Ursprung der elastischen Fasern anzuerkennen sei: 1) durch unmittelbare Ablagerung in die Grundsubstanz; 2) durch theilweise Resorbtion homogener um Bündel oder Hohlräume abgelagerter Lamellen, und 3) durch

Auswachsen von Zellen. Die letzte Kategorie ist jedoch nach *Henle* eine sehr beschränkte und findet sich weder in den Bandscheiben der Gelenke noch sonst wo Knorpel und von elastischen Fasern durchzogenes Bindegewebe aneinandergrenzen, ebensowenig in den Sehnen. Auch die meisten der sternförmigen Zellen des Embryo, die man als Bindegewebskörperchen und als Anfänge elastischer Fasern beschrieben hat, gehören nicht hierher, sondern sind nach *Henle* theils Gefässanlagen, die sich freilich nicht überall zu Capillaren ausbilden, theils ausgebildete zusammengefallene Capillaren.

Im Wesentlichen wie *Henle* spricht sich auch *A. Baur* über die elastischen Fasern aus (Die Entwicklung der Bindesubstanz. Tübing. 1858 S. 25). Ueberall treten dieselben als feinste, aller Anschwellungen entbehrende, in Essigsäure und Kali unveränderliche Netze auf. Zwischen ihnen sind meistens die noch rundlichen oder länglichen Bindegewebskörperchen (was *Baur* so nennt, sind die Kerne der andern Autoren) ohne allen Zusammenhang, Verästelung und Anastomose erkennbar. Somit wird die elastische Substanz aufgefasst als Product einer weiteren Differenzirung, einem Verdichtungs- oder Ausscheidungsprocesse in der Grundsubstanz des Bindegewebes.

An seine früheren Angaben sich anschliessend spricht *H. Müller* in einer neuern Mittheilung (Würzb. Verh. Bd. X S. 132) sich wiederum für die selbständige Entwicklung der elastischen Fasern aus. *H. Müller* ist der erste, der die von mir im Nackenbande von Embryonen beschriebenen spindelförmigen Zellen genauer würdigt, er konnte sich jedoch nicht überzeugen, dass sie einfach in elastische Fasern sich umwandeln, indem er nie Anschwellungen an den elastischen Fasern sah, welche einen Kern enthalten oder nur der Breite eines solchen entsprochen hätten. Dagegen fand er die Reste der Kerne noch ziemlich lange zwischen den elastischen Fasern, und überzeugte sich von ihrem stäten Schwinden, ohne dass es ihm gelang, die Substanz der Zellen genau zu verfolgen. Er glaubt jedoch annehmen zu dürfen, dass wenn die Zellen direct als solche in die Fasern übergegangen wären, diese die Kerne enthalten müssten. Auf der andern Seite hält es *Müller* für unleugbar, dass manche Zellen (Bindegewebskörperchen) in Fortsätze ausgehen, welche von elastischen Fasern nicht zu unterscheiden sind und sucht beide Thatsachen dadurch zu vereinigen, dass er die elastischen Hüllen der Bindegewebszellen für secundäre Zellenmembranen erklärt, analog den Knorpelkapseln und die elastischen Fasern ebenfalls secundären Zellenmembranen sammt der Grundsubstanz gleichsetzt. Bei dieser Auffassung stützt er sich noch besonders auf das Stroma der Chorioidea, in welchem nach ihm die Zellen in lamellöse

elastische Netze eingebettet sind, die er als äussere Kapseln der Zellen betrachtet.

Während so *Henle*, *Baur* und *H. Müller*, an die auch noch andere, wie *Beneke* und *Weismann* sich anschlossen, mehr weniger bestimmt die elastischen Fasern alle oder grösstentheils ohne Vermittlung von Zellen oder wenigstens ohne directe Beziehung zu denselben sich entwickeln lassen, wird die ursprüngliche *Donders-Virchow*'sche Ansicht immer noch von *Virchow* selbst (Arch. XVI. S. 9) und *Frei* (Histologie S. 148) aufrecht erhalten, und möchte es daher für die Entscheidung dieser Frage nicht ohne Belang erscheinen, dass ich, der ich bisher immer der letzteren Anschauung zugethan gewesen bin, in Folge meiner neuern Untersuchungen die Ueberzeugung gewonnen habe, dass dieselbe nicht stichhaltig ist. Meine neue Auffassung unterscheidet sich übrigens in gewissen Beziehungen auch von derjenigen der oben genannten Autoren (wenigstens von derjenigen von *Henle* und *H. Müller*) und will ich daher vor Allem die von mir gemachten Erfahrungen in nuce mittheilen.

Auch mir hat vor Allem das Nackenband von Embryonen (Rindern) als Untersuchungsgegenstand gedient. Zerfasert man dasselbe bei älteren Embryonen von 1' Länge und darüber, so findet man in ihm neben etwas Bindegewebe und feinen elastischen Fasern, die schon dichte Netze bilden, eine eigenthümliche Form von Spindelzellen, welche an in Chromsäure oder Spiritus erhärteten Präparaten eine grosse Aehnlichkeit mit elastischen Fasern besitzen. Dieselben erscheinen meist als ganz schmale, höchstens 0,001''' breite dunkelrandige Gebilde, die an beiden Enden in eine ganz feine ebenfalls dunklere Faser ausgehen und eine Gesammtlänge von 0,02—0,04''' und mehr besitzen. Jeder, der diese Gebilde zum ersten Male sieht und die Hypothese von der Entwicklung elastischer Fasern aus Zellen kennt, wird sicherlich sehr geneigt sein, in dem Vorkommen derselben einen Beweis für diese Ansicht zu finden und haben viele der bisherigen Beobachter offenbar die Sache zu leicht genommen, indem sie entweder diese Zellen läugneten oder dieselben doch nicht genauer verfolgten. Obschon ich nun allerdings auch zur Annahme der von Zellen unabhängigen Entstehung der elastischen Fasern mich veranlasst sehe, so darf ich doch behaupten, dass dies nur nach einer möglichst vollständigen Verfolgung der fraglichen Spindelzellen geschehen ist, die mir den entschiedenen Beweis geliefert hat, dass dieselben mit den elastischen Fasern in der That nichts zu thun haben. Dieser Beweis lässt sich gewinnen einmal durch die Untersuchung der früheren Entwicklung des Nackenbandes und zweitens durch die Verfolgung der genaueren Beschaffenheit und der endlichen Schicksale seiner Spindelzellen. Ersteres anlangend, so

findet man, dass sobald das Nackenband von blossem Auge als besonderes Organ zu erkennen ist, in ihm zwei Elemente und zwar spindelförmige Zellen und eine Zwischensubstanz vorkommen. Jene sind ungemein zahlreich mit kürzeren, länglich-runden Kernen und zugespitzten Enden und isoliren sich, wenn auch weniger leicht, schon an frischen Präparaten, so dass über ihr natürliches Vorkommen keine Zweifel herrschen können, besser nach kurzer Behandlung mit Chromsäure oder Salpetersäure von 20 %. Die Zwischensubstanz ist undeutlich faserig, nur in mässiger Menge vorhanden und stimmt in ihren chemischen Characteren mit derjenigen der Sehnen vollkommen überein, so dass ich nicht anstehe, dieselbe für reines Bindegewebe zu erklären, wobei ich besonders hervorheben will, dass auch durch Behandlung mit Kali keine elastische Fäserchen zum Vorschein kommen. *Diesem zufolge hat ein junges Nackenband ursprünglich wesentlich den Bau einer Sehne.* Bald aber und zwar etwa bei 4—5″ langen Embryonen kommen *nach Behandlung mit Kali* (am schönsten nach kurzem Kochen des Bandes in Kali von 10—15 %) die zuerst von *Müller* und *Henle* gesehenen ungemein zarten, feinsten elastischen Fäserchen zum Vorschein, welche entschieden von Anfang an weitmaschige Netze bilden und keine Spur einer weiteren Entwicklung etwa aus längeren Fäserchen oder Körnchen zeigen, so dass ich für mich zur Ueberzeugung gelangt bin, dass dieselben gleich in toto entstehen, wie dies auch von den elastischen Fasern der Netzknorpel in hohem Grade wahrscheinlich ist. *An frischen Präparaten oder nach Behandlung derselben mit Essigsäure und Chromsäure sind diese elastischen Fäserchen nicht sichtbar* und erklärt mir dies, dass ich bisher den Hauptaccent auf die Spindelzellen legte, um so mehr da die Lehre von der Bildung gewisser elastischer Fasern aus verlängerten Zellen eine fast von allen Seiten unbeanstandete war. Neben den genannten feinsten Fasernetzen finden sich nun die Spindelzellen noch genau in derselben Weise wie früher, nur dass dieselben in allen Theilen schlanker und zarter und auch länger erscheinen und beweist dies unwiderleglich, dass die Zellen mit der ersten Entstehung der elastischen Netze nichts zu schaffen haben. Den vollen Beweis, dass die Spindelzellen überhaupt nie, auch später nicht zu den elastischen Netzen in irgend einer unmittelbaren Beziehung stehen, liefert nun aber erst die endliche Verfolgung ihrer Schicksale und ihrer chemischen Beschaffenheit. Während im Laufe der Entwicklung die elastischen Netze allmählig an Dichtigkeit und an Stärke ihrer einzelnen Elemente zunehmen und auch das ächte Bindegewebe des Bandes sich vermehrt und immer deutlicher fibrillär wird, verändern sich auch die Zellen, indem vor Allem ihre Kerne sich verlängern, zugleich aber auch die Zellenkörper sich verschmälern,

ohne dass die ganzen Zellen an Länge gewinnen. Bei Embryonen von 7—9 '' ist diese Umbildung der Zellen schon recht deutlich und überzeugt man sich auch, dass dieselben in der That kürzer sind als früher. Die Grenze des stabförmigen, 0,005—0,008 ''' und darüber messenden Kernes gegen die übrige Zelle ist kaum mehr zu sehen (Flächenansichten der abgeplatteten und in solcher Ansicht blasser erscheinenden Zellen zeigen die Kerne meist besser) und beginnt nun das eigenthümliche dunkle Ansehen der Spindelzellen, das oben schon geschildert wurde, immer mehr hervorzutreten, das zur Vermuthung verleitet, dass dieselben in der That in elastische Fasern übergehen. Es gibt jedoch ein sehr gutes Mittel, um sich zu vergewissern, dass dem nicht so ist, und das ist das Kochen des Bandes in kaustischem Kali, welches auch jetzt noch, wie früher, alle Spindelzellen zum Verschwinden bringt, während die wirklich elastischen Fäserchen aufs schönste sich erhalten. Dasselbe gilt von Embryonen von 1—2 ' Länge und da nun auch die Zellen, je älter die Embryonen sind, um so kürzer erscheinen, und der Kern, je länger je mehr als ein für sich unterscheidbares Gebilde verschwindet, so folgt hieraus, zusammengehalten mit der Thatsache, dass, während dies geschieht, die ächten elastischen Netze immer mehr sich ausbilden, mit Sicherheit, dass die Zellen mit den elastischen Fasern nichts zu schaffen haben und später verkümmern. Den genauen Zeitpunkt des endlichen Schwindens dieser Zellenreste und der Kerne, die häufig leicht gebogen angetroffen werden, vermag ich nicht anzugeben und ist Alles, was ich in dieser Beziehung melden kann, dass bei Kälbern von 3—4 Wochen nur noch wenige Reste von ihnen sich finden und das ganze Nackenband so zu sagen einzig und allein aus Bindegewebe und den bekannten elastischen Netzen besteht.

Aus diesen Beobachtungen folgt:

1) dass die elastischen Fasern des Nackenbandes auf keinen Fall direct aus den Spindelzellen des fötalen Bandes hervorgehen und
2) dass dieselben auch sonst nicht in einer näheren Beziehung zu diesen Zellen stehen und etwa als directe Abscheidungen derselben sich bilden, analog den Knorpelkapseln.

Wie ich jetzt die Verhältnisse auffasse, halte ich die fraglichen Spindelzellen für den Bindegewebskörperchen der embryonalen Sehnen gleichwerthig und betrachte dieselben als das eigentliche vegetative Element des jungen Nackenbandes, unter dessen Mitbetheiligung eine Zwischensubstanz entsteht, in der dann durch selbständige Differenzirung sowohl die Bindegewebsfibrillen, als auch die elastischen Fasernetze hervorgehen.

Ist einmal so viel sicher, so fragt sich, ob nicht die elastischen Fasern, deren selbständige Entstehung im Netzknorpel ja schon seit lan-

gem nachgewiesen ist, nicht überall unabhängig von Zellen sich bilden oder ob die Annahme, dass dieselben an gewissen Orten aus Zellen hervorgehen, die selbst *Henle* und *H. Müller* theilen, wirklich begründet ist. Nach meinen neuern Erfahrungen muss ich mich dahin aussprechen, *dass nirgends Zellen in elastische Fasern sich umbilden* und stütze ich mich hierbei auf Untersuchungen von Sehnen und Bändern, dann des Unterhautbindegewebes und des Nabelstranges von Embryonen. Die spindel- und sternförmigen Zellen dieser Organe und Theile, die Andern und mir selbst früher als Bildungszellen der elastischen Fasern vorkamen und die ich aus jungen Sehnen in meiner Gewebelehre (3. Aufl. S. 70. Fig. 29 u. 30) abgebildet habe, zeigen, wie ich jetzt weiss, keinen Uebergang in die feinen elastischen Fäserchen dieser Organe und entstehen diese, ebenso wie im Nackenbande, ganz unabhängig von den Zellen *mitten in der fibrillären leimgebenden Substanz, in der sie auch später allein ihre Lage haben.* Behandelt man Sehnen mit Essigsäure und Salzsäure oder kocht man dieselben in Wasser, so sehen allerdings auf Längsschnitten die schmalen Züge der Zellen zwischen den Bündeln oft täuschend wie elastische Fasern oder in Entwicklung zu solchen begriffene Spindelzellen aus; wendet man aber das beste Kriterium zur Unterscheidung der elastischen Fasern und ächter Zellen, kochendes Kali oder Natron an, so schwinden alle Zellen und bleiben nur die zwischen denselben befindlichen feinsten elastischen Fäserchen übrig. Ebenso verhält es sich auch mit den Bändern und den anderen Localitäten und sehe ich mich daher für einmal veranlasst, anzunehmen, dass ein Uebergang von Zellenausläufern in ächte elastische Fasern wohl nirgends vorkommt, wenigstens nirgends mit gehöriger Bestimmtheit nachgewiesen ist. Auch bei dem von *H. Müller* namhaft gemachten Stroma der Chorioidea fasse ich die elastischen Netze als der Zwischensubstanz angehörig auf und scheint mir für einmal nichts zu beweisen, dass dieselben in einem innigeren Zusammenhange mit den Zellen stehen.

Was für die elastischen Fasern gilt, wird auch auf die elastischen Membranen, mögen sie nun diese oder jene Form darbieten, übertragen werden dürfen, da deren Beziehung zu gewöhnlichen elastischen Netzen hinreichend feststeht und scheint mir somit Ein Entwicklungsprincip für alle aus elastischer Substanz bestehenden Gebilde gewonnen.

2. Entwicklung der Grundsubstanz des Bindegewebes, vor Allem der Bindegewebsfibrillen.

Mit Bezug auf diese Angelegenheit ist vor Allem die Vorfrage zu erledigen, was Bindegewebe sei und kann ich von vorneherein bemerken,

dass der immer noch herrschende Zwiespalt der Ansichten wesentlich mit daher rührt, dass Fasergerüste als bindegewebig angesehen wurden, die diesen Namen nicht verdienen. Als solche sind vor Allem zu bezeichnen, das Gerüst des embryonalen Schmelzorganes im Zahnsäckchen und die feinen Fasergerüste im Innern der mit Follikeln versehenen Organe, wie der Lymphdrüsen, Milz, Thymus, Peyerschen Drüsen u. s. w. Da ganz sicher ist, dass diese und ähnliche Gerüste direct aus anastomosirenden Zellen hervorgehen, so wurde hieraus auch ein Schluss auf das übrige Bindegewebe abgeleitet und weniger zusammenhängende oder entscheidende Erfahrungen bei demselben in diesem Sinne gedeutet.

Es ist daher vor Allem nöthig, über diese Gerüste ins Reine zu kommen. Was erstens das *Schmelzorgan* betrifft, so zeigt dasselbe zuerst die schon seit Langem von mir genauer beschriebenen anastomosirenden sternförmigen Zellen mit einfachen feinen Ausläufern (Mikr. Anat. II. 2. Fig. 211, Gewebel. 3. Aufl. Fig. 208). Später erscheinen die Ausläufer zahlreicher, breiter und streifig, wie faserig und endlich wandelt sich das Ganze von aussen nach innen in ein fibrilläres Bindegewebe mit Kernen um. Diesem zufolge scheint hier entschieden eine directe Umbildung eines Zellennetzes in Bindegewebe statt zu haben und war dies auch die Thatsache, die von jeher sehr bestimmend auf meine Anschauungen dieser Verhältnisse einwirkte. Ich habe mich jedoch in neuerer Zeit davon überzeugt, dass die fraglichen Zellennetze nicht direct in Bindegewebe übergehen. Kocht man das Schmelzorgan eines ältern Kalbsembryo oder von einem neugebornen Kinde, bei denen das Zellennetz scheinbar faserig aussieht, im Wasser, bis dasselbe ganz sich auflöst, *so bleiben die Zellennetze übrig*, was mithin beweist, dass dieselben nicht aus leimgebender Substanz bestehen. Das ächte fibrilläre Bindegewebe, das an der Stelle wenigstens eines Theiles der Zellennetze sich entwickelt, entsteht ferner, wie sich ebenfalls sehen lässt, nicht aus, sondern neben den Zellennetzen aus der sie umgebenden schleim- und eiweisshaltigen Grundsubstanz und betrachte ich diesem zufolge nun die fraglichen Zellen als Bindegewebskörperchen im Sinne *Virchow*'s.

Ganz in gleicher Weise verhalten sich nun auch die zarten Fasergerüste in den folliculären Organen, von denen in neuerer Zeit gerade *Henle* mit Entschiedenheit behauptet hat, dass sie Bindegewebe seien (Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. VIII). Alle diese Netze, die *Donders* und ich zuerst aus den Lymphdrüsen beschrieben und die dann später besonders *Billroth*, *H. Frey*, *His*, *Heidenhain* und *Henle* untersucht haben, bestehen ursprünglich, d. h. beim älteren Embryo und bei jungen Thieren aus unzweifelhaften Zellennetzen, ganz ähnlich denen des Schmelzorganes

und würde *Henle* wohl schwerlich zu seinem absprechenden Urtheile in Betreff der Kerne des Netzwerkes gelangt sein, wenn er die betreffenden Organe auch in diesem Alter untersucht hätte. Im Laufe der Entwicklung erhalten sich in manchen Fällen die Kerne in den Knotenpunkten des Zellennetzes ganz gut, in andern und wie es scheint, in der Mehrzahl werden sie nach und nach atrophisch und können selbst ganz schwinden, in welch letzterem Falle nichts als ein Netzwerk zarterer und gröberer Balken, die 0,0015'''—0,002''' nicht leicht überschreiten, mit einzelnen breiteren Knotenpunkten zurückbleibt, das durch seine Blässe an Bindegewebszüge erinnert, aber auch schon *(Eckard)* für elastischer Natur gehalten worden ist. Wäre dieses Netzwerk Bindegewebe, wie *Henle* und auch *Stromeyer* und *W. Krause* annehmen, so könnte es als ausgemacht angesehen werden, dass Bindegewebe unmittelbar aus Zellen hervorgeht und müsste gerade *Henle* auf die Seite sich stellen, die er immer bekämpft hat. Die Entscheidung ist nicht leicht und wird noch dadurch um so schwieriger, dass, wofür auch Andeutungen von *His* und *Frei* vorliegen, später, gerade wie im Schmelzorgane, in gewissen Fällen das ursprüngliche Zellennetz in ächtes Bindegewebe überzugehen scheint. Nichtsdestoweniger glaube ich nicht zu irren, wenn ich annehme, dass sowohl die Balken des ursprünglichen Zellennetzes als auch die homogenen Fasern des aus demselben in vielen Fällen sich entwickelnden kernlosen Gerüstes kein Bindegewebe sind. Vom Standpunkte der Anatomie lässt sich der Beweis allerdings nicht führen und etwa die nicht fibrilläre Beschaffenheit der Balken betonen, da es auch ein ganz gleichartiges Bindegewebe gibt, wohl aber von Seiten der chemischen Charactere. Ich finde nämlich, dass die Zellennetze und Balken beim Kochen im Wasser sich nicht lösen, wie leimgebende Substanz, sondern genau so sich verhalten, wie die gewöhnlichen Zellen der Bindesubstanz (Bindegewebskörperchen). Mit andern Worten, so lange die Zellen jung sind, werden ihre Fortsätze durch Reagentien (Alcalien, Säuren), ja selbst schon durch Wasser leicht angegriffen; sind dieselben dagegen älter, so werden sie immer resistenter und leisten Alcalien, der Essigsäure und verdünnten Mineralsäuren einen bedeutenden Widerstand und quellen und zerfallen durchaus nicht in der Art wie Bindegewebe. Auf der andern Seite werden aber die Fasernetze auch nie so beschaffen gefunden, wie elastische Fasern und vergehen immer rasch in kochendem Kali. Diesem zufolge deute ich auch hier die kernhaltigen und kernlosen Fasernetze als Netze von Bindegewebskörperchen und bin mit *His* der Ansicht, dass wenn an der Stelle derselben deutlich fibrilläres Bindegewebe getroffen wird, dasselbe einer Umlagerung seinen Ursprung verdankt und als Intercellularsubstanz zu deuten ist. — Ich mache nun noch

eine dritte Stelle namhaft, an der Zellen direct in Bindegewebe sich umzuwandeln scheinen und dies ist die Retina. *H. Müller* hat zuerst und schon seit langem in der Zwischenkörnerschicht der Retina von Fischen und Schildkröten eigenthümliche anastomosirende kernhaltige Zellen beschrieben (s. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. VIII. S. 17. Taf. I). Bei andern Fischen sah er an der Stelle dieser Zellen ein dichtes Netz von streifigen ramificirten Strängen, dass auch neben deutlichen Zellen vorkam. Ueber die Natur dieser Zellen, die offenbar auch *Vintschgau* gesehen hat, und mit denen auch von mir beobachtete sternförmige kleine Zellen in der Retina des Ochsen identisch sein möchten (Mikr. Anat. II. 2. S. 685) hat sich *H. Müller* nicht geäussert, ausser insoweit, dass er erklärt, dieselben gehören schwerlich zu den nervösen Elementen, dagegen hat *M. Schultze*, der in einer neuen Arbeit (Obs. de retinae str. 1859, p. 13) diese Zellen ebenfalls beschreibt, die Ansicht ausgesprochen, dass dieselben zu dem von ihm angenommenen bindegewebigen Gerüste der Retina gehören. *H. Müller* folgend nimmt nämlich *Schultze* ebenfalls zweierlei Faserelemente in der Retina an, nervöse und indifferente. Zu den letztern rechnet er einen guten Theil der Radialfasern, dann die *Müller*'schen sternförmigen Zellen, die nach ihm mit Radialfasern zusammenhängen, ferner ein mit diesen Theilen zusammenhängendes, die ganze Retina durchziehendes feines Netzwerk, endlich die M. limitans externa und interna. Alle diese Theile erklärt Sch. für Bindegewebe und spricht sich, da der Uebergang von Zellen in das Fasergerüst so entschieden ist, bestimmt für die von *Schwann* und mir vertretene Ansicht aus, dass das Bindegewebe direct aus Zellen hervorgehen könne (l. c. p. 14). So angenehm es mir nun auch wäre, *Schultze* auf meiner Seite zu sehen, so kann ich doch bei dem jetzt gewonnenen Standpunkte diese Unterstützung nicht annehmen, immerhin ist es mir lieb, dass dieser Fall wieder zeigt, wie man auch bei ganz unbefangener Beobachtung zur *Schwann*'schen Ansicht gelangen kann. Wie es mir früher beim Schmelzorgane, so ist es nun *Schultze* bei der Retina ergangen; wir haben beide Recht mit dem Nachweise der Beziehung der betreffenden Zellen zu Fasergerüsten, allein diese Fasergerüste sind, wie ich jetzt behaupten muss, kein Bindegewebe, sondern Netze von Bindegewebskörperchen oder deren Abkömmlinge. Für die Retina nämlich ergibt eine Untersuchung des radiären Fasersystems (dessen feine von Sch. beschriebene Netze ich hier als von mir noch nicht geprüft bei Seite lasse), dass dessen Reactionen, wie ich schon vor langem in meiner Mikr. Anat. (II. 2. S. 682) gezeigt habe, weder mit dem Bindegewebe noch mit dem elastischen Gewebe stimmen. Alles was ich damals fand, schien mir für die nervöse Natur desselben zu sprechen, da nun aber nicht zu bezwei-

feln ist, dass in der That, wie *Müller* zuerst aussprach, ein Theil desselben indifferenter Natur, Stützsubstanz ist und ferner, wie ich jetzt weiss, auch die Bindesubstanzzellen chemisch im Wesentlichen ebenso sich verhalten, wie ich es bei den radiären Fasern sah, so stehe ich nicht an, das vermeintliche Bindegewebe der Retina dem Fasergerüste des Schmelzorganes und der folliculären Drüsen an die Seite zu stellen. — Aus dem bisher Bemerkten geht somit hervor, dass die Fasergerüste, deren Entwicklung aus Zellen feststeht, und über deren Stellung, ob sie zum Bindegewebe gehören oder nicht, Zweifel bestehen könnten, nicht als Bindegewebe, sondern als mehr weniger umgewandelte Netze von Bindegewebskörperchen zu betrachten sind und wende ich mich nun zur Beantwortung der weitern Frage, ob irgendwo fibrilläres Bindegewebe direct aus Zellen sich aufbaut.

In meinen früheren Arbeiten habe ich vor Allem die spindel- und sternförmigen Zellen und Netze von solchen im Nabelstrange und im gallertigen embryonalen Bindegewebe überhaupt als Vorläufer ächter Bindegewebsbündel und von Netzen von solchen bezeichnet. Dass diese Zellen, von denen ich schon mehrere Abbildungen gegeben (Handb. d. Gew. 3. Aufl. Fig. 33; Mikr. Anat. II. 2. Fig. 368), nicht gerade leicht zu deuten sind, lehrt die Geschichte des gallertigen Bindegewebes zur Genüge; denn abgesehen davon, dass mehrere Autoren meiner Auffassung sich angeschlossen haben, kann erwähnt werden, dass *Virchow* dieselben als Bindegewebskörperchen betrachtet, während *Henle* im Nabelstrange sie zuerst als Muskelzellen ansah und später der Ansicht von *Weismann* sich anschloss, der diese Zellen als Bildungszellen von Capillaren auffasst, die freilich nicht immer an's Ziel ihrer Bestimmung gelangen. Ohne läugnen zu wollen, dass, wo Gefässbildung statt hat, ganz gleichwerthige Zellen bei derselben sich betheiligen, kann ich doch mit Bestimmtheit versichern, dass bei weitem der grösste Theil dieser Elemente dem Bindegewebe selbst angehört und zwar habe ich mich jetzt durch erneuerte Untersuchung sehr junger Schaafsembryonen von 6, 7, und 8‴ Länge überzeugt, dass dieselben nicht die Fasersubstanz des Bindegewebes, sondern die bleibenden zelligen Elemente desselben oder die Bindegewebskörperchen liefern. Mikroskopirt man die *Wharton*'schen Sulze oder das Unterhautgewebe solcher Embryonen in Amnioswasser oder Allantoisflüssigkeit, so ergibt sich, dass die ohne Weiteres erkennbaren spindel- und sternförmigen anastomosirenden Zellen der Gallerte, die durch prächtige Kerne und Nucleoli und einen frisch gleichartigen, nicht ganz durchsichtigen Inhalt sich auszeichnen, schon jetzt von einer hellen, zart streifigen, kernlosen Zwischensubstanz umlagert sind, die durch Alcohol und Chromsäure ziemlich deutlich die

Charactere fibrillären Bindegewebes annimmt. Bei älteren Embryonen wird diese Substanz, *ohne dass die Zellen wesentlich sich verändern,* immer bestimmter fibrillär und endlich ächtes Bindegewebe. — Meine frühere Annahme, dass die Zellen selbst in das fibrilläre Bindegewebe übergehen, fusste wesentlich auf zwei Thatsachen, erstens auf dem nicht selten streifigen, wie fibrillären Aussehen der Zellenausläufer und zweitens auf dem Umstande, dass an gewissen Stellen mehr spindelförmige Zellen bündelweise so dicht beisammen liegen, dass es den Anschein gewinnt, als ob sie auch das faserige Element der Bündel lieferten. Seit ich jedoch in neuerer Zeit, namentlich auch durch vorsichtige Anwendung von Reagentien (Chromsäure, Kochen im Wasser, verdünnte Salzsäure) gelernt habe, die Grenzen der Zellen schärfer zu bestimmen, bin ich zur Ueberzeugung gelangt, dass die Fasersubstanz überall nur zwischen den Zellen liegt und hat somit, zusammen mit dem schon oben gemeldeten, auch das streifige Ansehen mancher Zellen jeden grössern Werth für mich verloren.

Dasselbe was vom gallertigen Bindegewebe muss ich jetzt auch von den Sehnen und vom festen Bindegewebe überhaupt aussagen. Eine sorgfältige Untersuchung der Extremitäten-Anlagen ganz junger Embryonen ergibt unzweifelhaft, dass die Sehnenanlagen ursprünglich aus nichts als aus rundlichen Bildungszellen bestehen. Sobald die Sehnen unter dem Mikroskope als einigermassen abgegrenzte Bildungen zu erkennen sind, werden die Zellen alle spindelförmig gefunden und von der Zeit, wo das blosse Auge dieselben wahrnimmt, ergibt sich, dass neben den Spindelzellen auch noch eine streifige Zwischensubstanz vorhanden ist. Ein amorphes Blastem mit Kernen ist weder von Anfang an noch später an den Anlagen der fraglichen Organe wahrzunehmen und stehe ich mit aller Bestimmtheit dafür ein, dass Zellen der erste Ausgangspunkt auch des geformten Bindegewebes sind, sowie dass die ursprünglichen Zellen auch später sich erhalten. In einer Beziehung habe ich mich früher geirrt, als ich annahm, dass die Bildungszellen der Sehnen nach zwei Richtungen sich weiter entwickeln und gebe ich jetzt zu, dass dieselben alle zu den später sogenannten Bindegewebskörperchen sich gestalten, von denen weiter unten noch die Rede sein soll.

Das Endresultat ist somit folgendes:

1) die bindegewebeartigen Fasergerüste, die aus Zellennetzen hervorgehen, sind kein wirkliches Bindegewebe, sondern gehören in die Kategorie der Bindegewebskörperchen;
2) die fibrilläre leimgebende Substanz des Bindegewebes entwickelt sich nicht aus Zellen und hat auch nicht die Bedeutung von secundären Zellenmembranen, sondern ist einfach Intercellularsubstanz.

3. Bedeutung und Entwicklung der Bindegewebszellen (Bindegewebskörperchen).

Auffallender Weise ist die Frage, die verhältnissmässig die leichteste ist, nämlich die nach dem Verhalten der zelligen Elemente im Bindegewebe, gerade in der verschiedenartigsten Weise beantwortet worden. Ich kann mir dies nur daraus erklären, dass die meisten Beobachter dieselbe ausschliesslich oder doch vorzugsweise durch das Studium der fertigen Gewebe zu lösen suchten [1]), bei denen diese Elemente häufig verkümmert oder doch in eigenthümlicher Entwicklung sich finden. — Namentlich möchte dies von *Henle* gelten, der sich sonst so grosse Verdienste um die Feststellung der Bindegewebsfrage erworben oder es bliebe dann nichts anderes übrig, als anzunehmen, dass derselbe im Eifer des Kampfes mit dem, was er an *Virchow's* Sätzen mit Recht bestreitet, auch das unzweifelhaft Wahre über Bord geworfen hat. Dass *Henle* mit Bezug auf die Entstehung der elastischen Fasern, wenn auch nicht Alles, doch im Wesentlichen das Richtige beobachtet hat, wurde schon oben erwähnt. Ebenso hat derselbe Recht, wenn er *Virchow* ein Uebersehen der besonderen feinen elastischen Fäserchen in den Sehnen vorwirft und ferner behauptet, dass es diesem Forscher nicht gelungen sei, die Bilder des Querschnittes und Längsschnittes der Sehnen in Einklang zu bringen. Wenn er dann aber weiter schliesst, dass, weil die angenommenen sternförmigen Zellen in dieser Weise in den Sehnen nicht vorkommen, überhaupt keine Bindegewebskörperchen zelliger Art in *Virchow's* Sinne in den Sehnen sich finden, so befindet er sich entschieden im Irrthume, ebenso sehr, wie wenn er sich überhaupt bestrebt, die Bedeutung der zelligen Elemente im Bindegewebe möglichst herabzusetzen und dieselben in allen Arten von Bindesubstanz, wo nur immer thunlich, zu streichen oder in anderer Weise zu deuten. Es ist und bleibt *Virchow's* grosses Verdienst, nachdem einmal durch *Donders* und ihn diese Elemente demonstrirt waren, ihre grosse anatomische und physiologische Bedeutung

---

1) Wenn freilich die embryologische Untersuchung in dem eigenthümlichen Gewande auftritt, wie bei einem gewissen neueren Autor, so stiftet sie statt Nutzen nur Verwirrung und Schaden. Ein Beobachter, der in embryonalem geformtem Bindegewebe nur Blastem mit Kernen findet, der die seit *Schwann* von so vielen Beobachtern gesehenen spindel- und sternförmigen Zellen des lockern Bindegewebes auch nur für Kerne mit secundärer Umlagerung von Zwischensubstanz hält, der statt runder Zellen in demselben Bindegewebe nur freie Kerne sieht u. s. w., der hat es sich selbst zuzuschreiben, wenn man eine Discussion mit ihm nicht für möglich hält und den Wunsch nicht unterdrücken kann, er hätte diese Seite der Untersuchung gar nicht berührt.

verfolgt und auch ihre Wichtigkeit für die pathologischen Vorgänge nachgewiesen zu haben und ist voraussichtlich die Zeit nicht ferne, in der über diese Hauptfrage keine wesentlich abweichenden Ansichten mehr herrschen werden. Was mich betrifft, so bin ich von jeher in dieser ganzen Angelegenheit ziemlich unbefangen gewesen und dem eigentlichen Streite fern geblieben und hoffe ich daher, dass meine Stimme von einigem Gewichte sein wird, um so mehr, da ich gerade hier den Beweis geleistet habe, dass ich gerne bereit bin, meine Ansichten gewonnener besserer Erkenntniss entsprechend, umzugestalten. —

Verfolgt man die Entwicklung der Bindesubstanzen von ganz jungen Embryonen an aufwärts, so gewinnt man leicht die Ueberzeugung, dass die ursprünglichen runden Zellen des mittleren Keimblattes, die als die unmittelbaren Abkömmlinge der Furchungskugeln zu betrachten sind, ohne weiteres zu den verschiedenen zelligen Gewebselementen sich umwandeln. Eben hervorsprossende Extremitäten von Säugern und die Schwänze von Froschlarven sind die günstigsten Objecte, um diese Umwandlungen zu verfolgen und da zeigt sich dann, dass die anfänglich ganz gleichartigen Zellen z. Th. zu Muskelzellen, dann zu Knorpelzellen, zu Capillarröhrchen des Blut- und Lymphsystemes, zu Nervenröhren und zu den Zellen der weichen Bindesubstanzen sich umwandeln. Die letzteren, die wir hier allein weiter zu verfolgen haben, liegen anfänglich überall dicht beisammen, bald aber tritt neben denselben eine Zwischensubstanz auf und zugleich hiermit werden auch im formlosen Bindegewebe die Mehrzahl, im festen Bindegewebe alle zelligen Elemente zu spindel- oder sternförmigen, wie es scheint überall oder wenigstens bei weitem vorwiegend anastomosirenden Zellen. Die Existenz dieser Zellen ist in Frage gestellt worden, ebensogut könnte man aber die embryonalen Muskelfasern oder Knorpelzellen in Zweifel ziehen wollen und sehe ich wenigstens mich nicht veranlasst, diese Frage weiter zu besprechen. In beiden Bindegewebsformen wuchert nun das Zellennetz und die Zwischensubstanz gleichmässig weiter und wird man kaum umhin können, eine innigere Beziehung zwischen diesen beiden Vorgängen mit andern Worten einen bestimmenden Einfluss der Zellen anzunehmen, wenn man sieht, wie die letztern namentlich durch die Vermehrung ihrer Kerne und ihr Grössenwachsthum einen lebhaften Stoffwechsel beurkunden. Der Ausdruck, dass die Zellen die Grundsubstanz ausscheiden, entspricht zwar den Auffassungen und Anschauungen vieler neueren Histologen, zu denen auch ich mich zähle, doch will ich *Henle* gerne zugeben, dass derselbe wenigstens an diesem Orte durch keine bestimmten Thatsachen gestützt ist, indem die Grundsubstanz ja auch unabhängig von den Zellen sich ablagern könnte. Was mit dem genannten Ausdrucke gesagt werden soll,

ist eigentlich auch nicht das, dass die Zwischensubstanz einzig und allein aus den Zellen stammt, sondern dass das chemisch Charakteristische derselben wahrscheinlich unter dem directen Einflusse der zelligen Elemente stehe, womit auch nicht behauptet werden soll, dass die letztern gerade nach allen Richtungen massgebend sind. Ich denke mir, dass, wie bei der Thätigkeit einer Drüse, eben ein Theil des Materiales auf Rechnung der Zufuhr von aussen, ein anderer aber auf die Thätigkeit der Zellen kommt. So liesse sich immerhin annehmen, dass der Schleim und die leimgebende Substanz der Zwischensubstanzen, die im Blute nicht vorkommen, unter der directen Einwirkung der Zellen sich bilden und ablagern. Ich halte es selbst für leicht möglich, dass diese Substanzen im Innern den Zellen sich bilden, da wenigstens vom Schleime von andern Orten her eine intracellulare Entstehung nachgewiesen ist, dann aus denselben heraustreten und erst nachträglich wenigstens zum Theile fest werden. Wollte man einwenden, dass die Bindegewebszellen, wie ich finde, ursprünglich als mit eiweissreichem Inhalte versehene Zellen anzusehen sind, so wäre zu bemerken, dass ein solcher Inhalt die Bildung anderer Stoffe nicht ausschliesst. Sei dem wie ihm wolle, so spricht auf jeden Fall für einmal die Wahrscheinlichkeit für eine Betheiligung der Zellen an der Bildung der Zwischensubstanz.

Sind einmal die Bindesubstanzen beider Arten angelegt und im Wachsthume begriffen, so erhalten sich ihre Zellen an verschiedenen Orten verschieden lang. Am kürzesten scheint ihre Lebensdauer in dem elastischen Gewebe zu sein, was dafür spricht, dass die elastischen Fasern der Vermittlung der Zellen behufs ihres Wachsthumes nicht mehr bedürfen, sobald sie einmal eine gewisse Stärke besitzen. Länger dauern dieselben im lockern Bindegewebe, doch gibt es auch hier Fälle, wo sie auf grössere oder kleinere Strecken im Laufe der nachembryonalen Entwicklung verloren gehen. Was von den Zellen sich erhält — abgesehen von denen, die zu Fettzellen sich gestalten, oder im primitiven runden Zustande die ganze Wachsthumsperiode überdauern, was auch hie und da in gallertigem oder sehr lockerem Bindegewebe (scrotum) vorkömmt — findet sich entweder zwischen den Bündeln der Bindegewebsfibrillen in derselben Weise wie im festeren Bindegewebe (siehe unten) oder tritt in der Form von *umspinnenden* Fasern auf. Dass die ächten umspinnenden Fasern aus wirklichen anastomosirenden Zellen hervorgehen, habe ich vor einigen Jahren mit Bestimmtheit nachgewiesen (Zeitschr. f. w. Zoologie IX. S. 140; Handbuch der Geweb. 3. Aufl. S. 71 Fig. 26) und sind meine Angaben von keinem neueren Autor widerlegt worden. Nach meinem damaligen Standpunkte hielt ich diese umspinnenden Zellennetze und die daraus her-

vorgehenden kernlosen Fasernetze für *elastisch* und für einen vollständigen Beweis der Entwicklung der elastischen Fasern aus Zellen; jetzt wo ich mich überzeugt habe, dass die ächten elastischen Fasern aller Art ohne Vermittlung von Zellen sich bilden, kann ich diese Auffassung nicht länger festhalten und rechne ich diese Bildungen, ebenso wie die Zellen- und Fasernetze der geschlossenen Follikel, zu den Bindesubstanzzellen oder Bindegewebskörperchen. Damit stimmt auch die chemische Natur der fraglichen Bildungen, denn wenn man z. B. die umsponnenen Arachnoideabündel in Kali kocht, so verschwinden alle umspinnenden Fasernetze, wogegen dieselben durch Essigsäure, Salzsäure und an in Wasser gekochten Präparaten vortrefflich sich erhalten. Unzweifelhaft gehören auch die von *A. Rollett* beschriebenen und abgebildeten Fasernetze, welche die Bindegewebsbündel der Ochsenhaut umspinnen (Structur d. Bindegew. S. 37. Taf. II. p. 12) hierher und sind wohl diese Bildungen viel verbreiteter als man bisher gewusst hat. — Endlich habe ich noch zu bemerken, dass im lockern Bindegewebe die ursprünglichen Zellen auch manchmal die Metamorphose zu erleiden scheinen, die im Nackenbande zu beobachten ist, die nämlich, dass die Zellen allmählig schwinden, dagegen die Kerne sich länger erhalten. Somit wären dann die mir schon seit Langem bekannten und auch von *Bruch* erwähnten (s. Handb. d. Gew. 3. Aufl. S. 81) *freien an Bindegewebsbündeln anliegenden Kerne* nicht als die Ueberreste der Bildungszellen der leimgebenden Fasersubstanz, sondern der Bindegewebskörperchen zu deuten.

Ich komme nun zum festen Bindegewebe, in dem die Schicksale der ursprünglichen Zellen viel schwerer zu verfolgen sind, wesshalb auch auf diesem Flügel der Kampf in der lebhaftesten Weise entbrannte und immer noch nicht zur Entscheidung gebracht ist. Bekanntlich hat *Virchow* in den Sehnen sternförmige anastomosirende zellige Elemente beschrieben, während *Henle*, dem auch Andere gefolgt sind, das, was *Virchow* als sternförmige Zellen schilderte, nur für Lücken zwischen den Bündeln erklärt, in denen Kerne oder allenfalls auch Zellen, aber nicht von sternförmiger Gestalt liegen, Lücken, die unter Umständen auch noch von einer elastischen Umhüllungsmembran der Bindegewebsbündel begrenzt seien. *Henle* hat gegen *Virchow* namentlich das eingewendet: 1) dass wenn die sternförmigen anastomosirenden Figuren, die der Querschnitt einer Sehne zeigt, Zellen wären, die Anastomosen auch in der Längsansicht zur Anschauung kommen müssten, 2) dass eine Isolirung der vermeintlichen sternförmigen Zellen nicht möglich sei und 3) dass bei verschiedener Einstellung des Mikroskopes die scheinbaren Fortsätze der sternförmigen Zellen nicht als Fasern sich ergeben, sondern in verschiedener Tiefe sichtbar

seien. Eine sorgfältige Untersuchung der Sehnen lehrt nun in der That, dass *Henle's* Polemik gegen *Virchow* in vielen Puncten eine vollkommen begründete ist, wie ich dann auch gleich bemerken will, dass *Henle's* im Jahresberichte von 1851 gelieferte Beschreibung der Sehnen und des festen Bindegewebes die beste ist, die wir bisher besitzen, und verdient hätte, viel früher genauer gewürdigt zu werden, als es wirklich geschehen ist. *Henle's* zäher Polemik verdanken wir es, wie schon früher angegeben, dass nun die elastischen, feinen Fäserchen dieser Organe von den Bindegewebskörperchen scharf getrennt werden, und ihm schulden wir es auch, dass wir uns jetzt bemühen, die scheinbar widersprechenden Bilder der Quer- und Längsschnitte zu erklären. *Henle* hat nämlich, auch meiner Meinung zufolge, vollkommen Recht, wenn er behauptet, dass gewöhnliche sternförmige Zellen in Sehnen fehlen, dagegen befindet er sich allerdings nicht auf dem richtigen Wege, wenn er das Vorkommen von zelligen Elementen für gewöhnlich läugnet und die sternförmigen Figuren des Querschnittes aus Lücken und elastischen Begrenzungsschichten der Bündel zu erklären sucht. Meinen Untersuchungen zufolge existiren in den Sehnen und den verwandten Bildungen *wirkliche Zellen, die aber seltener durch Fasern, vor Allem durch zarte blatt- oder bandförmige oder hautartige Ausläufer sich verbinden und so eine eigenthümliche Art von Scheidewänden erzeugen, welche die Bindegewebsbündel von einander sondern.* Die sogenannten elastischen Begrenzungshäute und Platten *Henle's* und Anderer gehören Alle den Zellen an, die auch mit Allem, was dazu gehört, durch eine geeignete Behandlung der Sehnen wirklich sich isoliren lassen.

Zur Unterstützung dieser Auffassung, von der ich übrigens bemerken will, dass sie im Wesentlichen schon bei *Henle* im Jahresberichte von 1851 S. 26 wenigstens als möglich angedeutet ist, diene nun Folgendes. Ich gehe von der unzweifelhaften Thatsache aus, dass die embryonalen Sehnen wirkliche kernhaltige Zellen enthalten, welche jeder unbefangene Beobachter, der sich die Mühe nehmen will, diese Organe genau zu verfolgen, ohne Mühe bestätigen wird. Diese Zellen habe ich in meinem Handbuche der Gewebelehre 3. Aufl. (S. 70. Fig. 29.) aus der Achillessehne eines 4monatlichen und eines 7monatlichen menschlichen Embryo abgebildet. Anfangs spindelförmig und isolirt, treiben dieselben später mehrere Fortsätze aus ihren Enden hervor und verbinden sich untereinander, so dass man am Ende des Embryonallebens schon hübsche anastomosirende Zellen zu isoliren vermag, die ich ebenfalls am erwähnten Orte in der Fig. 30. dargestellt habe. Die weitere Entwicklung dieser Elemente hatte ich bis jetzt nicht genauer verfolgt, nun hat mich aber die Untersuchung des Tendo achillis an Kindern aus dem 1. Lebensjahre

Folgendes gelehrt. Die Sehnen von solchen zeigen auf Querschnitten schon die bekannten zusammenhängenden sternförmigen Figuren, die wie anastomosirende sternförmige Zellen aussehen, während man auf Längsschnitten so ziemlich die vom Erwachsenen her bekannten Längszüge wahrnimmt. Untersucht man die Längszüge genauer, so findet man 1) dass dieselben eine grosse Zahl plattgedrückter ovaler oder rundlich-eckiger Kerne enthalten, die von einer hellen zum Theil feinkörnigen Substanz umgeben sind, und 2) dass diese Substanz bandartige Streifen bildet, die stellenweise breiter, stellenweise schmäler durch bandförmige oder hautartige ähnliche Streifen mit den benachbarten Zügen zusammenhängen. Die Uebergangsstellen der Querschnitte in die Längsschnitte lehren ferner, dass die kernhaltigen Stellen den Mitten der sternförmigen Figuren und die verbindenden Seitenstreifen den von diesen ausgehenden Strahlen entsprechen und erhält man an solchen Stellen oft sehr schön das Bild von durch platte, dünne Fortsätze anastomosirenden kernhaltigen Zellen. Sprechen schon diese Resultate, die durch die Untersuchung von Präparaten, die einerseits verschieden lang mit Wasser gekocht, anderseits mit Essigsäure, mit verdünnter Salzsäure und Salpetersäure behandelt waren, gewonnen wurden, zusammengehalten mit den Ergebnissen der Erforschung embryonaler Sehnen, sehr bestimmt für das Vorkommen eines eigenthümlichen Zellennetzes auch in den Sehnen beim Kinde, so wird diese Auffassung noch durch Folgendes bestärkt. Erstens bestehen die Anastomosen der kernhaltigen Streifen keineswegs aus membranartiger elastischer Substanz, denn sie lösen sich beim Kochen in Kali ebenso wie die kernhaltigen Parthien vollkommen auf. Zweitens lässt sich das ganze System von kernhaltigen anastomosirenden band- oder membranartigen Bildungen im Zusammenhange isoliren. Behandelt man eine kindliche Sehne (d. h. ein mikroskopisches Präparat) nach *Förster's* Methode mit Salpetersäure und Glycerin, oder, was ich ebenso zweckmässig finde, mit concentrirter Salzsäure und Glycerin, so löst sich nach 1—2 Tagen die fibrilläre Substanz so auf, dass sie durch gelinden Druck in einzelne Fragmente zerfällt. Unter diesen findet man leicht ganz isolirte Theile des fraglichen Netzwerkes mit den sternförmigen Figuren, wenn es ein Querschnitt war, mit den membranartigen Bildungen beim Längsschnitte, und überzeugt man sich so ganz bestimmt, dass die sternförmigen Figuren keine Spalten, sondern im Zusammenhange isolirbare Bildungen sind. In Längsansichten sind die membranförmigen Ausläufer derselben häufig fein aber unregelmässig quergestreift, eine Zeichnung, die ich auch an gekochten und mit Säuren behandelten Präparaten wahrgenommen habe. Diese Querstreifung ist übrigens nicht mit einer feinen ganz regelmässigen und sehr dichten Querstreifung zu

verwechseln, die die Oberflächen der Bindegewebsbündel selbst unter Umständen durch Reagentien annehmen, die von einer besonderen Art der Quellung und Retraction derselben abhängt. — Uebrigens möchte ich nun noch bemerken, dass, auch wenn die sternförmigen Bildungen der Sehnen sich nicht isoliren liessen, doch wie mir scheint, an ihrer Körperlichkeit, daran, dass dieselben nicht durch Lücken hervorgebracht werden, doch nicht gezweifelt werden könnte. Es stünde wahrlich um die mikroskopische Untersuchung schlecht, wenn es bei so grossen Bildungen, wie die fraglichen, nicht möglich wäre, über ihre wahre Natur zu einer Entscheidung zu gelangen. Wohlverstanden habe ich bei diesem Ausspruche nicht etwa gekochte Präparate im Auge, von denen man allenfalls sagen könnte, die Lücken seien in Folge der Behandlung mit anderen Stoffen erfüllt, sondern solche, die der Einwirkung von verdünnten Säuren (Essigsäure, Salzsäure) ausgesetzt wurden. Noch bemerke ich, dass die zelligen Elemente im Innern der Sehnenbündel erster Ordnung mit ähnlichen Elementen in den interfasciculären Scheidewänden zusammenhängen, die ausserdem noch aus Bindegewebe und elastischen Fasern bestehen, daher die scheinbaren Anastomosen der Zellen mit den Scheidewänden auf Querschnitten. —

Geht man nun mit der Kenntniss dieser eigenthümlichen Zellennetze der kindlichen Sehnen an die Untersuchung derjenigen des Erwachsenen, so findet man bald heraus, dass die Verhältnisse hier im Wesentlichen ganz dieselben sind. Immerhin lassen sich einige bemerkenswerthe Puncte hervorheben. Erstens sind die Kerne des Netzwerkes des Erwachsenen, wie es scheint, wohl nie mehr rundlich oder länglichrund, sondern alle gestreckt und mehr cylindrisch. Zweitens scheinen die Kerne auch nicht mehr bläschenförmig zu sein, wenigstens nehmen sie sich meist mehr wie solide Bildungen aus. Drittens endlich sind die Anastomosen der Zellen häufig mehr oder weniger verkümmert. Während der Querschnitt einer Sehne vom Kinde, ohne Ausnahme, durch und durch die schönsten anastomosirenden sternförmigen Figuren zeigt, sind beim Erwachsenen Anastomosen in der Regel nur noch da und dort zu finden und zeigen sich häufig nur scheinbar isolirte, zwei- bis vierstrahlige Sterne. Das anastomosirende Zellennetz besteht übrigens immer noch auch hier, wie eine Untersuchung nach den oben erwähnten Methoden lehrt; nur scheint es als ob dasselbe bald mehr bald weniger in Rückbildung begriffen wäre, daher es auch beim Erwachsenen viel schwieriger ist, die wahren Verhältnisse herauszufinden, als beim Kinde. Ueberlegt man sich die Verhältnisse näher, so hat es allen Anschein, als ob hier, wie in den elastischen Bändern und dem lockern Bindegewebe die Zellen (Bindegewebskörperchen) zur Zeit

der vollständigen Ausbildung der Zwischensubstanz ihre wesentliche Rolle ausgespielt hätten und dann mehr weniger eingingen, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass dieselben nicht auch noch beim Erwachsenen Säfte führen und eine gewisse Rolle bei den Ernährungsvorgängen spielen. Ich für mich kann jedoch, wie ich schon vorhin betont habe, in der überwiegenden Mehrzahl der festen Bindesubstanzen diese Rolle nicht hoch anschlagen und scheint mir, dass dieselbe mit derjenigen der Zahncanälchen und Knochenzellen keine Vergleichung zulässt. Nichts destoweniger bezweifle ich nicht, dass in pathologischen Fällen auch in diesen Bildungen ein regeres Leben erwachen kann, und sehe ich keinen vernünftigen Grund ein, das zu läugnen oder zu bezweifeln, was *Virchow, Förster, His* und andere besonnene Untersucher der Neuzeit in dieser Richtung melden. Extreme Anschauungen und Uebertreibungen sind hier allerdings wohl auch mit aufgetaucht, gegen welche die Kritik mit Recht sich erhoben hat; allein das kann noch keinen Grund abgeben, die Lehre von den pathologischen Veränderungen der Bindegewebskörperchen als unbewiesen hinzustellen, noch weniger das normale Vorkommen dieser Körperchen zu bezweifeln.

Wie die Sehnen verhalten sich im Wesentlichen auch die anderen Organe der festen Bindesubstanz, die Bänder, Bandscheiben und fibrösen Häute vor allem, sowohl bei jüngern als bei älteren Geschöpfen und halte ich mich nach meinen Erfahrungen für vollkommen berechtigt, auch bei diesen Bildungen für das Vorkommen von zelligen Elementen einzustehen.

Am Schlusse der Darstellung meiner neueren Erfahrungen über die Entwicklung des Bindegewebes und meiner jetzigen Auffassung desselben angelangt, erlaube ich mir nun noch kurz auseinanderzusetzen, wie ich dasselbe im Vergleiche zu andern Geweben auffasse. Da ich, wie man weiss, das elastische Gewebe zum Bindegewebe selbst stelle, so kann bei einer Vergleichung in erster Linie nur das Knorpelgewebe, das Knochengewebe und das Zahnbein in Betracht kommen. Alle diese Gewebe enthalten Elemente, die vielfältig mit den zelligen Elementen des weichen Bindegewebes verglichen worden sind, in Betreff welcher aber in neuerer Zeit ebenfalls sehr abweichende Auffassungen sich geltend gemacht haben, daher vor Allem auf die Frage nach der eigentlichen Beschaffenheit derselben einzugehen ist. Ohne hier weiter mich einlassen zu können, gebe ich in folgendem mein Urtheil kurz dahin ab:

Für die *Knorpelzellen* beharre ich, trotz der abweichenden Darstellungen von *Aeby* und *Henle*, darauf, dass dieselben primordiale Zellen mit secundären Zellenmembranen sind, dass mithin die Knorpelkapsel zur Zelle gehört und nicht blos ein verdichteter Theil einer Grundsubstanz ist. Hierbei stütze ich mich auf Folgendes. Erstens zeigen im reinen

Zellenknorpel erwachsener Geschöpfe (Knorpel von Fischen zum Theil Chorda dorsalis gewisser Fische, Knorpel von Gasteropoden, Limulus, Kopfkiemern &c.), d. h. in Knorpeln, die nur aus Zellen ohne Grundsubstanz bestehen, die Zellen in sehr vielen Fällen auch Kapseln, die genau mit denen stimmen, die man in gewöhnlichen Knorpeln mit Grundsubstanz sieht. Zweitens lehrt die Untersuchung von Embryonen verschiedener Thiere (Säuger, Amphibien, Fische), dass die Kapseln früher auftreten als die Grundsubstanz. Von vielen Thieren ist dies schon längst bekannt und leicht zu constatiren; bei Säugern habe ich mich vor Kurzem an den sich bildenden Extremitäten überzeugt, dass dem ebenso ist, womit ich eine früher gegebene Darstellung in etwas zu verbessern habe (Hdb. d. Gew. 3. Aufl. S. 243). Zuerst findet man hier ganz zarte Bildungszellen ohne Zwischensubstanz. Später wandeln sich dieselben in schöne, rundlich polygonale immer noch dicht beisammenliegende Zellen mit deutlichen Wandungen um, die, wie eine Vergleichung der späteren Zustände lehrt, nichts anderes als das sind, was man eben Kapseln nennt. Zur Zeit, wo diese jungen Kapseln deutlich werden, ist aber noch keine Zwischensubstanz vorhanden, vielmehr entsteht dieselbe erst etwas später und zwar, wie immer noch zu sehen ist, nicht durch Verschmelzung der Kapseln, sondern zwischen denselben. Drittens besitzen sehr häufig isolirt im Bindegewebe auftretende Knorpelzellen sehr schöne Kapseln. Viertens enthalten nicht selten Knorpelzellen, die als Tochterzellen in Mutterkapseln liegen, sehr schöne Kapseln (S. Handb. d. Gew. 3. Aufl. Fig. 6). Fünftens endlich verdicken sich die meisten Knorpelkapseln durch *innere* Ablagerungen und können selbst, wie in rachitischen Knochen, Zellen mit Porenkanälchen ähnlich werden. — Ich weiss nun zwar wohl, dass keine dieser Thatsachen den, der einmal zweifeln will, überzeugen wird und mathematisch beweisend ist, allein ich frage jeden Unbefangenen, Jeden, der von der Botanik her etwas von Cellulosenhüllen weiss und durch das Studium der vergleichenden Gewebelehre mit den secundären Zellenmembranen und den geformten Zellenablagerungen überhaupt vertraut geworden ist, was wahrscheinlicher ist, meine Annahme, dass diese Kapseln in genetischer Beziehung zu den primitiven Knorpelzellen stehen, oder die Annahme, dass dieselben nur verdichtete Theile einer den Zellen fremden Zwischensubstanz seien, die nur zufällig die Form der Zellen annehmen. — Es ist übrigens diese Frage für die Vergleichung des Knorpels mit dem Bindegewebe von keiner durchgreifenden Bedeutung und die Hauptsache die, dass der Knorpel runde, längliche oder sternförmige Zellen enthält, daher ich dieselbe nicht weiter besprechen will.

Viel wichtiger ist eine richtige Auffassung der Elemente des *Knochens*.

Auch hier halte ich an meiner früheren Ueberzeugung fest, dass die Knochenhöhlen nur Lücken in der Grundsubstanz sind, die weiche, sternförmige verästelte Zellen enthalten. Dass diese sternförmigen Zellen mit *allen* Ausläufern sich isoliren lassen, hat wohl *Förster* zuerst bewiesen, wenigstens war es *H. Müller* und mir vor ihm nicht gelungen, solche ganz exquisite Zellenausläufer zu isoliren. Seither habe ich in vielen Fällen von der Richtigkeit der *Förster*'schen Angaben mich überzeugt und auch an einem Orte (Würzb. nat. Zeitschr. I. 313) solche isolirte Knochenzellen von Lepidosteusschuppen abgebildet. Präparate von solchen bewahre ich auf und habe sie schon verschiedenen Collegen, wie *H. Müller*, *Förster*, *Sharpey* gezeigt; immerhin will ich einer Bemerkung *Henle*'s gegenüber bestimmt hervorheben, dass das, was sich isolirt, nicht etwa Kapseln sind, die dem verknöcherten Theile des Knochens angehören, sondern die in den Lücken des Knochens enthaltenen sternförmigen Zellen selbst. —

Das *Zahnbein* endlich anlangend, so stelle ich dasselbe dem Knochen ganz an die Seite. Die von mir sogenannten isolirbaren Zahnkanälchen, die, wie ich jetzt mit Bestimmtheit aussprechen kann, mit den von *Tomes* später dargestellten Fasern identisch sind, entsprechen den isolirbaren Knochenzellen und haben wie diese die Bedeutung von verlängerten modificirten Zellen. Besondere isolirbare verkalkte Röhren um diese Bildungen existiren nicht und hat man daher wohl anzunehmen, dass wie im Knochen die verlängerten Zellen einfach in Lücken der Grundsubstanz drin liegen, und dass die scheinbar *zarten* Wandungen der Röhrchen in Schliffen nur die Begrenzungen der Lücken sind.

Gehe ich nun von dem angegebenen Standpunkte an die Vergleichung von Bindegewebe, Knorpel, Knochen und Zahnbein, so ist leicht ersichtlich, dass bei der Auffassung, zu der ich jetzt über die Grundsubstanz des Bindegewebes und seine zelligen Elemente gelangt bin, ein noch innigerer Anschluss als früher an die von *Virchow* vertretene Lehre von der nahen Verwandtschaft aller dieser Gewebe die Folge ist. Schon früher, als ich noch die Bindegewebsgrundsubstanz aus Zellen hervorgehen liess, hatte ich die Uebereinstimmung der zelligen Elemente der fertigen Gewebe zugegeben, jetzt, wo ich auch die fibrilläre Grundsubstanz des Bindegewebes für Zwischensubstanz halte, stimme ich dafür, dass auch die Zwischensubstanzen aller der genannten Gewebe einander gleichwerthig sind, so dass sich somit nur die Abweichung von *Virchow*'s Ansicht ergibt, dass ich die elastischen Fasern aller Art zu den Zwischensubstanzen rechne. Ausserdem glaube ich die anatomische Stellung der zelligen Elemente genauer als es bisher geschehen, bestimmt und so die Aufnahme gewisser netzförmiger Fasergerüste, deren Stellung bisher noch zweifelhaft war, in die

Reihe der zelligen Elemente der Bindesubstanzen ermöglicht zu haben. Alles zusammengenommen, ergibt sich nun für mich folgende Reihe der Gewebe der Bindesubstanz, die ich jedoch nur mit dem scharf betonten Vorbehalte aufstelle, dass in einer grösseren Gewebsgruppe wie dieser nirgends scharfe Grenzen sich finden und manche eine systematische Aufzählung störende Uebergänge sich finden.

I. *Einfache Bindesubstanz.*

Besteht aus zarten Zellen mit oder ohne Zwischensubstanz, die, wenn vorhanden, schleim- und eiweisshaltig, nie leimgebend ist.

Hierher gehören folgende Unterabtheilungen:

1) *Die zellige einfache Bindesubstanz.*

Besteht aus runden Zellen, die Schleim, Eiweiss, auch wohl Fett, Pigment und Kalk führen. Bei Wirbellosen.

2) *Die einfache Bindesubstanz* mit *zelligen Elementen* und *einer Zwischensubstanz.*

Hier unterscheide ich:

a) *die gallertige einfache Bindesubstanz* aus rundlichen Zellen und gallertiger Zwischensubstanz, beide in wechselnder Menge (Gallertsubstanz niederer Thiere und von Fischen, Glaskörper) und

b) *die netzförmige einfache Bindesubstanz* mit sternförmigen anastomosirenden Zellen. Bei dieser Form zeigt die Zwischensubstanz ein verschiedenes Verhalten. Entweder ist dieselbe gallertig, wie im Schmelzorgan des embryonalen Zahnsäckchens, in der jungen *Wharton*'schen Sulze und enthält nur eine geringe Zahl rundlicher Zellen, oder dieselbe besteht aus einer geringen Menge von Flüssigkeit und vielen Zellen in den Lücken des Zellennetzes. Diese letztere Form wird dadurch noch eigenthümlicher, dass das Zellennetz seinen ursprünglichen Charakter einbüssen und in ein mehr homogenes Fasergerüste übergehen kann, und verdiente wohl einen besonderen Namen. Sollten meine oben ausgesprochenen Vermuthungen sich bestätigen, so würden gewisse Stützzellen in anderen Geweben (Retina) als mit den hier erwähnten Zellennetzen identisch zu erachten sein.

II. *Das Knorpelgewebe.*

Zeigt festere zellige Elemente meist mit äussern Kapseln und einer, wenn anwesend, leimgebenden oder elastischen Grundsubstanz.

Unterabtheilungen:

1) *der Zellenknorpel,*
2) *der leimgebende Knorpel,*
3) *der elastische Knorpel.*

Hieher auch die verkalkten Formen oder der *Knorpelknochen.*

III. *Die faserige Bindesubstanz*,

mit zarteren nie in elastische Fasern sich umwandelnden, häufig verkümmerten Zellen und leimgebender oder elastischer Grundsubstanz. Hieher

1) *Das Bindegewebe* mit bleibenden, mehr weniger gut erhaltenen Zellen und vorzüglich leimgebender, fibrillärer Grundsubstanz.

2) *Das elastische Gewebe* mit geschwundenen Zellen und vorwiegender elastischer faseriger Grundsubstanz.

Hierher auch die verknöcherten Formen oder der *Bindegewebsknochen* und die *einfache osteoide Substanz* der Fische z. Th.

IV. *Das Knochengewebe*,

mit schönen zelligen Elementen und verknöcherter leimgebender Grundsubstanz.

1) *Das ächte Knochengewebe*

mit schönen sternförmigen Elementen.

2) *Das Zahngewebe*

mit langgezogenen röhrenförmigen Elementen.

Hierher auch mannigfache Combinationen beider Formen, besonders bei Fischen.

Weiter über die verschiedenen Formen der Bindesubstanz, ihre Uebereinstimmung in der physiologischen Bedeutung, ihre Uebergänge ineinander, ihre wechselseitige Vertretung in der Thierreihe und während der Entwicklung bei einem und demselben Geschöpfe mich auszulassen, ginge über die Grenzen, die ich mir hier gesteckt, dagegen möchte ich mir noch erlauben, einige Bemerkungen über die Stellung der Zellen der Bindesubstanz zu den übrigen zelligen Elementen des Körpers beizufügen. Durchgeht man die Leistungen des mittleren Keimblattes des Embryo, aus dem das ganze bindegewebige Gerüste des Körpers sich hervorbildet, so findet man, dass dasselbe ausser den Bindesubstanzzellen (das Wort im weiteren Sinne genommen) auch noch eine grosse Zahl anderer zelliger Elemente liefert, als da sind: die verzweigten Pigmentzellen aller Art, die Bildungszellen der Capillaren und Nervenendigungen, die Fettzellen, die einfachen Parenchymzellen der folliculären Drüsen und des lockern Bindegewebes (Darmmucosa, rothes Knochenmark), die Blutzellen, gewisse Epithel- und Drüsenzellen, die nicht aus dem äussern und innern Keimblatte hervorgehen (Hoden, Eierstöcke, Epithel seröser Häute), die glatten und quergestreiften Muskelzellen und die Zellen der Ganglien. Alle diese Zellen, so verschieden sie auch sein mögen, haben ursprünglich ganz gleich beschaffene embryonale Elemente als Ausgangspunkt und ist es daher wohl keine zwecklose Arbeit, den Beziehungen derselben nachzuspüren. In dieser Beziehung scheint mir nun Folgendes besondere Beachtung zu verdienen:

1) Gibt es eine Summe von Abkömmlingen des mittleren Keimblattes im ausgebildeten Organismus, welche, wenn man so sagen darf, noch ganz auf embryonaler Stufe sich befinden und nichts oder sicherlich nur wenig Eigenthümliches an sich tragen. Hierher gehören die Zellen der von mir sogenannten interstitiellen Parenchyme (s. Handb. d. Gew. 3. Aufl. S. 82), die zerstreut im Bindegewebe hie und da vorkommenden runden Elemente, die Zellen des rothen Knochenmarkes, die runden Zellen der einfachen Bindesubstanz und die farblosen Blutzellen.

2) Kommen Zellen vor, die in der einfachen Beschaffenheit des Inhaltes noch fast ganz mit den ursprünglichen embryonalen Bildungszellen stimmen, dagegen durch ihre Form abweichen, meist sternförmig sind und Verbindungen untereinander zeigen. Hierher zählen die sternförmigen Elemente der einfachen Bindesubstanz und des Bindegewebes, die Knochenzellen, Zahnbeinzellen, die ramificirten Pigmentzellen.

3) Eine andere Zahl hat, wenn auch nicht in der Form, doch im Inhalte oder Baue Aenderungen erlitten, wie die Knorpelzellen, rothen Blutzellen, die Fettzellen, die Drüsen- und Epithelialzellen des mittleren Keimblattes.

4) Folgen Zellen, die durch die eigenthümliche Beschaffenheit des Inhaltes und der physiologischen Leistung bezeichnet sind, die Ganglienzellen und die beiderlei Muskelzellen.

5) Endlich mache ich noch die Zellen namhaft, die ihrer Natur als Zellen verlustig gehen und die Capillaren des Blut- und Lymphsystems und die Nervenenden erzeugen. —

Eine weitere Vergleichung ergibt nun, dass auf jeden Fall die Zellen der Bindesubstanz eine Art Mittelglied zwischen den einfacheren und höheren der aufgestellten Formen einnehmen.

Einmal ist es hinreichend bekannt, dass, wenn auch nicht alle, doch gewisse Zellen der ersten Kategorie in Folge pathologischer Verhältnisse in Bindesubstanzzellen sich umzubilden im Stande sind, ebenso wie unter ähnlichen Bedingungen Zellen der Bindesubstanz wieder einfachere Formen zu erzeugen vermögen. Dasselbe geschieht im Laufe der normalen Entwicklung und ist in dieser Beziehung besonders interessant die Bildung von Knorpel- und Knochenmark aus Knorpelgewebe und die weitern Umbildungen der Markzellen zu Bindegewebe mit Fettzellen.

Zweitens können aber auch Bindesubstanzzellen höhere Elemente liefern. Hier ist wiederum sehr lehrreich die Bildung von Gefässen mit Muskelfasern und von Nervenröhren aus den Markzellen sich entwickelnder Knochen. In dieselbe Reihe von Erscheinungen gehört es ferner, dass, wie meine embryologischen Untersuchungen an Froschlarven und Säugern

schon lange gelehrt haben, die Bildungszellen der Capillaren des Blut- und Lymphsystems und der Nervenenden von gewöhnlichen sternförmigen Bindegewebskörperchen nicht zu unterscheiden sind, so wie zweitens, dass auch junge spindelförmige glatte und quergestreifte Muskelzellen von denselben so wenig abweichen, dass es im gegebenen Falle kaum möglich ist zu entscheiden, was für ein Element man vor sich hat. Geht man näher auf die Sache ein, so wird sich vielleicht noch weiter sagen lassen, dass möglicher Weise selbst physiologisch der Unterschied kein grosser ist, indem wir jetzt wissen, dass viele Bindegewebszellen das Vermögen der Contraction besitzen, und so könnte man selbst, in Anbetracht der Leistungen einzelliger Thiere, geneigt werden, zu vermuthen, dass selbst eine Ganglienzelle und eine Bindegewebszelle nicht so weit von einander abstehen, als es auf den ersten Blick erscheint. Sei dem wie ihm wolle, so ist auf jeden Fall so viel sicher, dass die Zellen der Bindesubstanz nicht nur, wie schon früher kurz auseinandergesetzt wurde, für die Bindesubstanz selbst als das physiologisch wichtigste Element erscheinen, sondern auch in allgemeiner Beziehung mit Rücksicht auf die Entwicklung der Gewebe und die pathologischen Umbildungen derselben eine grosse Bedeutung besitzen und gewissermassen ein indifferentes Mittelglied darstellen, aus dem nach beiden Seiten Mannigfaches, Einfacheres wie Höheres, hervorgehen kann. Es ist daher eine der wichtigsten Aufgaben der Histologie, die Lehre von diesen viel verkannten Gebilden in ihr richtiges Licht zu setzen, und würde es mich sehr freuen, wenn es mir gelungen sein sollte, mit diesen Zeilen die ganze Angelegenheit von den Extremen, in die sie nach zwei Seiten gerathen war, wieder einer richtigen Mitte entgegenzuführen, um so mehr, da ich mir den Vorwurf machen muss, vielleicht selbst nicht wenig zur Schürzung des Knotens beigetragen zu haben.

Würzburg, den 14. Nov. 1861.

Zusatz: Ich sehe eben, was mir, als ich obiges schrieb, nicht mehr gegenwärtig war, dass *M. Schultze* in neuester Zeit [1]) sich noch entschiedener für die *Schwann*'sche Theorie der Bildung der Zwischensubstanz des Bindegewebes ausspricht, in der Art, dass er dieselbe für umgewandelte Zellsubstanz, d. h. für Protoplasma (Zellmembranen nimmt *Sch.* bei der Mehrzahl der Zellen nicht an) erklärt und die Annahme bestreitet, dass dieselbe Secret oder äussere Auflagerung auf die Zellen sei. — Bei gewissen Bindesubstanzen soll selbst eine künstliche Zerlegung in primäre Zellen in keiner Weise gelungen und, wie diess neuerdings *Baur* behauptete, bei

---

1) *Müll.* Arch. 1861. S. 12.

der Entwicklung ein Zustand vorkommen, wo nichts als ein homogenes und dann fibrilläres Blastem mit Kernen gefunden wird. Hier soll die Grundsubstanz das Protoplasma wandungsloser und bis zum Verschmelzen genäherter Embryonalzellen sein, welche dann in fibrilläres Bindegewebe sich umwandelt, während die Kerne mit etwas unverändertem Protoplasma die wandungslosen Bindegewebskörperchen darstellen. — Auch dieser Auffassung gegenüber muss ich an meinen oben aufgestellten Sätzen festhalten. Wie immer, so behaupte ich auch jetzt mit aller Entschiedenheit, dass in keiner embryonalen Bindesubstanz je ein Blastem mit freien Kernen, sondern überall und immer erstens Zellen und zweitens solche und Zwischensubstanz auftreten. Was dann zweitens die Zwischensubstanz anlangt, so wird man mir wohl glauben, dass ich, der ich Jahre lang die *Schwann*'sche Theorie fast allein vertheidigte, meine guten Gründe habe, wenn ich dieselbe jetzt aufgebe. Diese Gründe vermag auch *Schultze*'s Beitritt zu dieser Theorie nicht zu erschüttern und wird derselbe nun, nachdem ich die obigen Aufklärungen über die Zellennetze des Schmelzorganes, der folliculären Drüsen und der Retina gegeben habe, wohl auch das Bedürfniss fühlen, die embryonalen Stadien noch einmal zu prüfen, wobei ihm dann die unveränderten Zellen in der Zwischensubstanz nicht entgehen werden und er sich überzeugen wird, dass diese kein Protoplasma ist. Ob diess *Sch*'s Auffassung der Bindegewebskörperchen wesentlich modificiren wird, ist freilich eine andere Frage. Für mich, *für den die Zellenhülle kein leerer Begriff ist*, wie für *Sch.*, bleiben dieselben, wofür ich sie immer hielt, wirkliche Zellen.

LEÇON D'OUVERTURE

DU COURS DE M. CLAUDE BERNARD

AU

COLLÉGE DE FRANCE

Publications de l'Union Médicale, Août et Septembre 1857.

LEÇON D'OUVERTURE

DU COURS DE M. CLAUDE BERNARD

AU

COLLÉGE DE FRANCE

De la Méthode expérimentale; — de l'Expérimentation et de ses Perfectionnements; — de la Critique expérimentale.

Messieurs,

Nous aurons à examiner cette année les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des différents liquides de l'organisme. Avant d'entrer en matière, je consacrerai, suivant notre habitude, la première leçon du cours à des généralités sur quelques points de la méthode expérimentale appliquée à l'étude des phénomènes de la vie.

Vous savez en quoi l'enseignement du Collége de France diffère de celui des Facultés; ici nous ne pouvons pas avoir pour objet de vous exposer uniquement les notions déjà acquises à la science sur les sujets que nous traitons. Nous devons surtout faire nos efforts pour agrandir

le champ de nos connaissances, soit en réalisant des découvertes, soit en abordant de préférence les questions obscures et indécises, afin d'élucider ou de vérifier les faits qui s'y rattachent. En un mot, nous avons à faire ici, non pas des leçons de simple exposition, dans lesquelles l'esprit de l'auditeur reste toujours jusqu'à un certain point passif devant des résultats scientifiques établis; mais, au contraire, des leçons de recherches et d'investigations, dans lesquelles l'esprit de l'auditeur, s'associant à celui du professeur, poursuit de concert la solution d'un problème qui les préoccupe tous deux.

Dans ces conditions, les généralités d'une leçon d'ouverture sont toujours une introduction fort utile, parce qu'elles ont pour avantage, en nous plaçant de suite à un point de vue commun, de nous permettre de suivre et d'apprécier, dans une même idée philosophique, toutes les questions de détail qui se présenteront ultérieurement à nous dans le cours de nos recherches.

Aujourd'hui, les sciences biologiques n'en sont plus à chercher leur voie. La méthode expérimentale y est définitivement installée comme dans les autres sciences. C'est à notre siècle qu'appartient la gloire de ce résultat, et le nom de mon illustre maître, mon prédécesseur dans cette chaire, restera attaché à cet avénement définitif de la méthode expérimentale dans les sciences physiologiques.

Toutefois, plusieurs raisons empêchent cette méthode de rendre actuellement au physiologiste tous les services qu'il doit en attendre. Non seulement ses moyens d'investigation, encore fort limités, s'appliquent à des phénomènes très complexes, mais, ce qui la complique surtout, c'est qu'elle est souvent employée à tort et à travers par des hommes qui s'improvisent expérimentateurs sans se douter de ces difficultés expérimentales et surtout sans y être aucunement préparés par leurs études antérieures.

Ce qui doit donc préoccuper aujourd'hui le physiologiste, ce n'est plus l'introduction de l'expérimentation dans les habitudes scientifiques, c'est là un fait accompli, c'est à appliquer convenablement la méthode et à en fixer les règles qu'il doit s'attacher. C'est pourquoi je désire, dans cette leçon, vous parler de l'expérimentation en physiologie et de

ses perfectionnements. Mais avant, et parce que j'ai quelquefois lu ou entendu des définitions de la méthode expérimentale qui me semblent fausses ou trop exclusives, je tiens à vous dire d'abord quelques mots sur la manière dont, suivant moi, il faut comprendre cette méthode.

La *méthode expérimentale* n'est, en définitive, que la logique appliquée à la coordination des phénomènes de la nature pour en découvrir les lois. Elle a, sous ce rapport, des principes généraux qui sont communs à toutes les sciences.

En effet, dans tous les cas, on peut dire que la méthode expérimentale a pour objet de disposer logiquement tous les faits observés directement ou provoqués par l'expérimentation en vue de les faire servir de *vérification* à une idée préconçue; idée préconçue qui n'est, en réalité, qu'une anticipation logique de notre esprit sur des phénomènes inconnus.

Or, je dis qu'il faut chercher la vérification et non la *preuve* de son idée, parce que, dans le premier cas seulement, l'expérimentateur se trouve dans une disposition favorable pour bien voir, quand il est décidé d'avance à accepter tous les résultats de l'expérience, qu'ils soient favorables ou contraires à l'hypothèse qui lui a servi de point de départ, ou bien même alors qu'ils n'auraient avec elle aucun rapport. Si, au contraire, il a pour préoccupation unique de chercher des arguments propres à justifier son opinion ou à renverser celle d'un autre, son esprit s'attachant exclusivement aux faits dont il désire la réalisation, se trouve, comme nous l'avons dit ailleurs (1), prédisposé à subir l'empire d'une idée fixe qui lui fait exagérer ce qui se rapporte à l'objet qu'il poursuit en négligeant tout le reste. Mais outre qu'un pareil procédé est incapable de conduire à une appréciation exacte des faits, il a encore l'inconvénient grave d'enlever à celui qui l'emploie la chance heureuse, et fréquente dans les sciences aussi peu avancées que la physiologie, de faire des découvertes imprévues en recherchant autre chose.

Je pense que, dans son application à la physiologie, la méthode expérimentale ne doit pas seulement avoir pour objet d'aller logique-

(1) *Leçons sur le système nerveux* (1857), première leçon. Chez J.-B. Baillière et fils, à Paris.

ment à la vérification d'idées basées sur des faits antérieurement acquis, mais en même temps qu'elle doit aussi, pour être entière et féconde, chercher à conquérir des idées nouvelles qui surgiront naturellement des faits inattendus que présentent toujours les expériences instituées.

La constatation d'un fait prévu par la théorie confirme et étend cette théorie ; c'est souvent le cas des sciences avancées. La découverte d'un fait inattendu en dehors de la théorie prouve que cette théorie est mauvaise ; c'est le cas le plus ordinaire des sciences non constituées, de la physiologie en particulier.

Mais ce résultat imprévu aura alors une très grande importance, parce que, en détruisant la théorie ancienne, il deviendra l'origine de nouvelles idées, et le point de départ de nouvelles expériences qui hâteront les progrès de la science.

En effet, les théories ne représentent que notre manière de comprendre les faits connus, et elles sont nécessairement provisoires. En les modifiant à mesure que les faits s'accumulent, nous arriverons successivement à des conceptions qui seront de plus en plus parfaites, c'est-à-dire qui relieront un plus grand nombre de faits. Et sous ce rapport la théorie physiologique ne sera bonne que lorsqu'elle permettra de prévoir tous les résultats de l'expérimentation et qu'elle ne laissera plus en dehors d'elle aucun phénomène imprévu.

Mais nous sommes loin de là, et je pense que personne n'en doute. Tout le monde admettra sans peine qu'il nous reste encore des phénomènes physiologiques essentiels à découvrir, et que les vérifications théoriques, que nous regardons comme les plus probables, sont le plus ordinairement fort incertaines. Or, je dis que, dans cet état de choses, il est plus avantageux pour la science d'arrêter son esprit sur les résultats expérimentaux imprévus que de diriger exclusivement son attention vers les faits que nos théories actuelles pourraient nous faire induire. Le côté prévu de la méthode expérimentale devra donc, en physiologie, être pour le moment facilement sacrifié au côté imprévu, c'est-à-dire que nous devons nous hâter d'abandonner cet échafaudage provisoire, que nous appelons nos vues théoriques pour ne garder que les résultats de l'expérience quels qu'ils soient, et cela me semble logique.

Car si nous reconnaissons que nos théories sont imparfaites, nous ne pouvons avoir la prétention de les conserver et de les confirmer; qu'elles nous servent au moins à en trouver de meilleures, et surtout à découvrir de nouveaux faits qui resteront toujours acquis à la science comme des matériaux avec lesquels elle s'édifiera plus tard.

Je me hâte, après cette digression, d'arriver à l'expérimentation dont je dois plus spécialement vous entretenir.

L'*expérimentation* est l'art de provoquer l'apparition des phénomènes par des moyens appropriés, dans des conditions choisies et déterminées par le but qu'on se propose.

L'art expérimental ne peut pas avoir des règles identiques dans toutes les sciences; je pense, au contraire, que l'expérimentation doit modifier ses procédés et quelquefois même son point de vue, suivant la nature des sujets auxquels elle s'applique, et j'espère vous prouver aujourd'hui que les conditions de l'expérimentation doivent être envisagées différemment, suivant que l'on expérimente sur des êtres vivants ou sur des corps bruts. Selon moi, toute l'exactitude de l'expérimentation physiologique et la certitude de la critique expérimentale reposent sur cette considération fondamentale.

Tout le monde comprend l'importance qu'il y a à perfectionner l'art de l'expérimentation, et cette pensée est actuellement la préoccupation spéciale des physiologistes et des médecins. On introduit partout dans l'appréciation des phénomènes de la vie le poids et la mesure. Chacun sent le prix qui doit être attaché à une expérimentation rigoureuse, parce que tant qu'on n'y aura pas atteint, il restera impossible de comparer les faits, d'en déduire les lois, et partant de constituer la science physiologique.

C'est la conscience de ce besoin d'exactitude qui fait que, dans tous les travaux qui paraissent, chaque expérimentateur cherche à être plus précis que ses devanciers; et que tous les jours on invente des procédés nouveaux ou des instruments plus parfaits destinés à mesurer des phénomènes qui, jusqu'alors, avaient échappé plus ou moins à l'observation des scrutateurs de la nature.

Je n'entreprendrai pas de vous énumérer ici tous les moyens de

recherches que le physiologiste et le médecin empruntent à la physique et à la chimie. Il suffit de constater sous ce rapport la réalisation d'un grand progrès qui tous les jours tend à s'accroître. Ce progrès consiste dans l'acquisition d'une foule d'instruments de plus en plus exacts, et de moyens d'investigation de toute sorte qui s'appliquent avec rigueur à la détermination et à la mesure des phénomènes en observation. Tout cela doit constituer, en effet, la première condition indispensable à l'accomplissement d'une expérience exacte.

Mais, pour obtenir un bon résultat expérimental, il ne suffit pas encore d'avoir de bons instruments, il faut, de plus, pouvoir et savoir s'en servir utilement. Pour cela, il faut faire en sorte de se placer toujours dans des conditions expérimentales identiques, et par conséquent comparables entre elles.

Pour réaliser cette deuxième condition de l'expérience, les physiologistes font une chose qui paraît bien simple : ils imitent les physiciens et les chimistes dans l'application des instruments qu'ils leur empruntent. A l'aide du baromètre, du thermomètre, etc., ils peuvent se placer dans des conditions déterminées de pression, de température, etc. ; puis, comme le poids des divers animaux diffère, ils ramènent à une même unité commune, le kilogramme, tous les résultats physiologiques obtenus. C'est là le procédé généralement employé aujourd'hui pour rendre les animaux comparables; et dans les travaux bien faits qui paraissent chaque jour sur la respiration, la digestion, les sécrétions, par exemple, on évalue toujours chaque phénomène en le rapportant au kilogramme d'animal, etc.

Dans ce perfectionnement successif de l'art expérimental, il y a eu une évolution scientifique naturelle et tout à fait logique : l'expérimentation s'est d'abord introduite et perfectionnée dans les sciences physico-chimiques, où la complexité des phénomènes est moins grande. Plus tard, après une longue série de tentatives infructueuses, cette expérimentation a fini par entrer définitivement dans les sciences biologiques beaucoup plus complexes. Depuis lors, les physiologistes mettent avec raison tous leurs soins à se rapprocher de leurs aînés dans la carrière expérimentale, les physiciens et les chimistes, dont ils ont emprunté

les instruments et les procédés. Grâce à ces efforts, il faut reconnaître qu'aujourd'hui l'expérimentation physiologique est assez perfectionnée sur quelques points pour donner des résultats d'une grande délicatesse, obtenus dans des conditions d'expérimentation tout à fait irréprochables au point de vue physique, chimique, mécanique ou instrumental.

Mais ici vient se poser une question importante : pour qu'une expérience physiologique soit bonne, suffit-il qu'elle soit irréprochable au point de vue physico-chimique extérieur ou purement instrumental?

Certainement non; car ces conditions d'extériorité, qui intéressent à un si haut degré le physicien et le chimiste, sont d'une importance relativement faible pour le physiologiste. Ce sont les conditions vitales intérieures de l'animal en expérience, le plus ordinairement négligées par le physicien, qui doivent être placées au premier rang dans toute expérience physiologique. Cela se conçoit fort bien d'ailleurs, lorsqu'on envisage le caractère distinctif fondamental qui sépare les êtres vivants des corps bruts.

En effet, un corps brut n'a en lui aucune spontanéité; toutes les modifications qu'il peut éprouver ne viendront que des circonstances qui lui sont extérieures, et on conçoit qu'en en tenant compte exactement, on soit sûr d'avoir toutes les conditions expérimentales qui sont nécessaires à la conception de l'expérience.

Dans les corps vivants, au contraire, il y a une évolution organique spontanée, qui, bien qu'elle ait besoin du milieu ambiant pour se manifester, en est cependant indépendante dans sa marche. Ce qui le prouve, c'est qu'on voit un être vivant naître, se développer, devenir malade, et mourir sans que cependant les conditions du monde extérieur changent pour l'observateur, et réciproquement. L'enfant et le vieillard, l'homme sain et l'homme malade ne sont-ils pas soumis à la même pression barométrique? Ne respirent-ils pas le même air? Ne sont-ils pas réchauffés par le même soleil et refroidis par le même hiver?

Cette sorte d'indépendance que possède l'organisme dans le milieu extérieur, vient de ce que, chez l'être vivant, les tissus sont en réalité soustraits aux influences extérieures directes, et qu'ils sont protégés par un véritable milieu intérieur qui est constitué par les liquides qui cir-

culent dans le corps. Cette indépendance devient d'ailleurs d'autant plus grande, que l'être est plus élevé dans l'échelle de l'organisation, c'est-à-dire qu'il possède un milieu intérieur plus complétement protecteur. Chez les végétaux et chez les animaux inférieurs, ces conditions d'indépendance diminuent d'intensité et créent des rapports plus directs entre l'organisme et le milieu ambiant. Dans les vertébrés à sang froid, nous voyons encore le milieu extérieur avoir une grande influence sur l'aspect des phénomènes; mais chez l'homme et les animaux à sang chaud, l'indépendance du milieu extérieur et du milieu interne est telle, qu'on peut considérer ces êtres comme vivant dans un milieu organique propre. Nous n'avons pas encore pu pénétrer avec nos instruments dans ce milieu intérieur de l'être vivant, mais son influence est très grande. Nous désignerons pour le moment cette condition vitale propre sous le nom de *conditions organiques* ou *physiologiques.*

Or, je dis que, lorsqu'il s'agira d'instituer une expérience sur un être vivant, il ne suffira pas, comme le fait le chimiste ou le physicien, de rendre identiques les conditions physico-chimiques extérieures et instrumentales de l'expérience; on devra de plus, et surtout, rendre comparables les conditions organiques ou physiologiques intérieures qui sont propres à l'être vivant sur lequel porte l'observation. Il y a là, comme on le voit, deux ordres de considérations bien distinctes, et c'est ce qui rend les expériences physiologiques beaucoup plus difficiles et beaucoup plus complexes que les expériences de physique ou de chimie pure.

Il faut introduire actuellement dans la méthode expérimentale appliquée à la physiologie les conditions organiques ou physiologiques au premier rang comme pierre angulaire de toute l'expérimentation ; sans elles, il sera impossible d'atteindre jamais à cette rigueur si désirable et tant recherchée des physiologistes.

Parmi les conditions organiques, celles qui sont plus facilement appréciables sont celles relatives à l'âge, au poids, au sexe, à l'espèce de l'animal, etc. Je n'énumérerai pas toutes les conditions physiologiques qui sont à considérer; je choisirai seulement quelques exemples pour indiquer dans quel esprit cette identité physiologique doit être comprise.

On ne pourrait jamais expérimenter en physiologie s'il était néces-

saire pour cela de rendre deux animaux absolument comparables à tous les points de vue. L'art du physiologiste expérimentateur devra consister à rendre les êtres comparables, surtout en ce qui concerne les états organiques sur lesquels il fait porter son expérimentation. Tantôt il pourra sortir de l'espèce animale, s'il veut étudier des propriétés physiologiques suffisamment générales; tantôt, au contraire, lorsqu'il étudiera les mécanismes spéciaux de certaines fonctions, il devra absolument faire porter l'observation sur des individus de même espèce, de même âge ou de même sexe, etc.

Il faut donc savoir réaliser l'identité physiologique en rapport avec les recherches que l'on fait. Car deux animaux de même espèce, même taille, même poids, même âge, même sexe, même couleur, peuvent cependant se trouver dans des conditions physiologiques non identiques, relativement à la question qu'on étudie. Je vais vous citer un exemple qui vous fera mieux saisir ma pensée :

Il y a environ dix ou douze ans, voulant faire des expériences sur des animaux aussi comparables que possible, je m'étais procuré une portée de lapins exactement du même âge et qui étaient tous sensiblement de la même taille et de la même couleur. A cette époque, j'étudiais les modifications qu'éprouve l'urine par le passage de certaines substances injectées dans le sang; je commençai donc par examiner l'urine sur mes différents lapins prétendus identiques. Or, je trouvai que chez les uns les urines étaient claires, acides, contenant beaucoup d'urée, tandis que chez d'autres, elles étaient troubles, alcalines, contenant beaucoup de carbonates; enfin, chez d'autres lapins, je trouvai les urines neutres avec ou sans opalinité. Il ressortait évidemment de là que les différences offertes par les urines devaient être cherchées dans des conditions physiologiques autres que celles de la taille, de l'âge, etc., de l'animal. C'est, en effet, dans l'alimentation et les périodes de la nutrition qu'il fallait placer les conditions d'identité physiologique. Or, mes lapins, qui se ressemblaient parfaitement d'ailleurs à l'extérieur, étaient les uns à jeun, d'autres en pleine digestion, d'autres à la fin de la digestion.

C'est à la suite de cette observation que je fis de nouvelles expériences

qui me démontrèrent que toutes les variétés si grandes qu'on observe dans les urines des animaux herbivores, omnivores et carnivores, peuvent être ramenées à des conditions semblables. Chez les animaux à jeun, les urines sont comparables, parce qu'ils sont nourris de leur propre substance. Là est donc l'état normal ou physiologique d'où il faut partir. Et pour ne pas sortir de l'exemple que je cite, il est clair que si l'on veut trouver la loi des variations, que les influences alimentaires ou autres apportent dans la constitution des urines, il faudrait les rapporter à l'urine normale physiologiquement, et par urine normale il faudrait désigner non pas seulement l'urine d'un individu sain, mais celle d'un individu à jeun, et conséquemment soumis à des conditions physiologiques de nutrition aussi identiques que possible.

Si l'on néglige de remplir ces conditions d'identité physiologiques, on aura beau perfectionner les méthodes chimiques analytiques, trouver des procédés de mesure d'une plus grande sensibilité; toute cette rigueur chimique deviendra inutile si la condition organique propre au phénomène que l'on observe est restée indéterminée. Et n'est-ce pas là le cas, en effet, où nous nous trouvons pour les urines; nous possédons un grand nombre d'analyses très bien exécutées chimiquement, mais qui cependant nous ont encore appris peu de chose sur la loi des variations de composition de ce liquide, parce qu'on n'a pas eu pour point de départ un état physiologique bien déterminé. Or, je pense que c'est plutôt par la saine appréciation des conditions physiologiques de l'expérience que par le perfectionnement exclusif de sa partie chimique qu'on atteindra ce but, et c'est pour cela que j'insiste sur la nécessité absolue de rendre ces conditions physiologiques identiques.

Je vais actuellement, Messieurs, choisir un autre exemple et appeler votre attention d'une manière toute spéciale sur une condition physiologique peu connue et à peine mentionnée par les physiologistes, mais qui n'en est pas moins de la plus haute importance : je veux parler de l'énergie vitale que possède l'organisme individuel sur lequel on expérimente. Nous n'avons malheureusement pas d'instrument pour mesurer cet état, et nous ne pouvons l'apprécier qu'en disant que l'animal est plus ou moins vigoureux. Or, il faut savoir qu'il existe une très grande diffé-

rence, au point de vue de l'expérimentation physiologique, entre un animal vigoureux et un animal affaibli ou languissant. Dans ces circonstances il est, en effet, certaines propriétés physiologiques qui non seulement perdent de leur intensité, mais il en est qui disparaissent complément pour l'observateur. Cette condition du degré de vitalité de l'animal sur lequel on opère est d'autant plus importante à mettre ici en relief, que très souvent, le plus ordinairement même, on sacrifie pour les expériences physiologiques des animaux malades et qui sont destinés à être abattus. C'est le cas des expériences qui se font généralement dans les Écoles vétérinaires et dans les équarrissoirs, où l'on opère souvent sur de vieux chevaux usés par la fatigue et les maladies.

L'affaiblissement organique de l'animal peut tenir, en effet, à des causes très variées : à des maladies, à l'abstinence prolongée, à l'emploi de procédés d'expérimentation qui produisent de trop grandes mutilations, etc.

A côté de cette débilitation acquise, les animaux présentent aussi, suivant l'espèce, la race, etc., des susceptibilités variées et des résistances individuelles à l'affaiblissement très diverses. J'ai vu des chevaux et des chiens qui, sous ce rapport, offraient des différences très grandes dans l'impressionnabilité de leur système nerveux. Ainsi la section du grand sympathique au cou détermine une suractivité de la circulation qui produit une sueur abondante dans le côté correspondant de la tête. Or, j'ai observé que chez les chevaux très sensibles, tels que les chevaux anglais, les percherons, la sueur arrive très vite et très abondante, tandis que chez les chevaux bretons, par exemple, dont le système nerveux paraît bien moins impressionnable, la sueur apparaît très tardivement et quelquefois pas du tout. Parmi les chiens, les chiens de berger, en général, sont remarquables par la résistance de leur système nerveux, tandis que certaines races de chiens de chasse ont une sensibilité telle, qu'on ne peut pas faire sur eux la moindre opération sans qu'il y ait un retentissement général qui amène à sa suite des troubles variés. Je rappellerai seulement ici ce qui arrive pour la fistule pancréatique. Chez les chiens de chasse, l'impressionnabilité du système nerveux trouble bientôt la sécrétion, l'animal vomit, le fluide s'altère, etc.

Le chien de berger, au contraire, ne paraît presque pas s'apercevoir de l'opération; il continue à manger, la sécrétion continue à rester normale et on obtient des résultats tout différents de ceux qu'on avait obtenus sur le premier chien. Je pourrais citer beaucoup d'autres exemples qui montreraient tous que c'est en définitive à l'état d'impressionnabilité plus ou moins grande du système nerveux qu'il faut rattacher le plus grand nombre des variétés physiologiques individuelles; c'est elle qui donne aux chevaux et aux chiens leurs caractères physiologiques de races. Ces variétés d'impressionnabilité du système nerveux peuvent être innées et héréditaires; mais elles peuvent aussi être acquises et même accidentelles. On conçoit, avec des complications semblables, combien il est important de distinguer nettement les conditions de variabilité de chaque phénomène au lieu de confondre toutes ces variations dans ce que l'on appelle des moyennes; ce qui, pour le dire en passant, donne toujours en physiologie et en médecine des résultats absolument faux.

Les propriétés du système nerveux sont donc celles qui peuvent le plus varier sous l'influence de ces causes perturbatrices ou débilitantes. Ce n'est pas seulement dans les organismes élevés, où cette influence est capable d'imprimer des modifications variées à un certain nombre de phénomènes : cela s'observe même chez des animaux inférieurs. Tous ceux qui ont fait des expériences sur les nerfs et sur les muscles, chez les grenouilles, savent combien il est difficile de trouver des nerfs et des muscles comparables, et cela en raison de la vitalité plus ou moins grande de ces animaux chez lesquels on a pris les organes.

Nous vous avons montré dans le cours de l'année dernière, à propos de la sensibilité récurrente, que les résultats contradictoires qui avaient été obtenus s'expliquent facilement, quand on sait que, sur des animaux insensibles ou fatigués par l'opération, cette propriété nerveuse manque, et qu'elle est l'apanage exclusif des organismes vigoureux et sensibles. D'où il faut conclure que la condition organique de la sensibilité récurrente est la vigueur de l'animal; cette propriété disparaît toutes les fois que l'organisme est affaibli, soit par un état antérieur, soit par le fait même de l'opération. On comprend dès lors de quelle importance il est

de recourir, dans ce cas particulier, à un procédé opératoire qui cause peu de délabrements.

Mais ce n'est pas seulement sur les phénomènes nerveux de sensibilité, en apparence plus fugitifs, que cette influence du degré de vitalité de l'animal dont nous venons de parler peut faire sentir son influence. Elle s'étend aussi, comme vous allez le voir par l'exemple suivant, à des phénomènes d'un ordre tout différent, et qui, au lieu d'altérer les fonctions de la vie de relation, modifient des phénomènes chimiques en apparence soustraits aux conditions vitales proprement dites.

Nous vous avons montré, dans le cours des années précédentes, qu'il se produit dans le foie, à l'état physiologique, une matière glycogène, véritable amidon animal, qui se change ensuite en matière sucrée et est, à cet état, déversée dans le torrent circulatoire. Cette substance est très facile à trouver et à montrer dans le tissu du foie. Mais il ne faudrait pas croire qu'il suffit pour cela de prendre indifféremment le foie d'animaux quelconques, pourvu qu'ils soient dans les mêmes conditions d'alimentation, etc. Il faut encore que l'animal soit vigoureux pour que les fonctions nutritives soient dans leur intégrité. Dès que l'animal est affaibli, languissant, lors même qu'il mange, comme cela se voit chez les chevaux malades, la fonction glycogénique du foie s'affaiblit et cesse complétement. Ce changement peut quelquefois s'observer après quelques heures, lorsque l'animal devient malade subitement. Souvent cette espèce de trouble dans les phénomènes de la nutrition est signalée à l'expérimentateur par l'inappétence des animaux ; mais il peut en être autrement : c'est ce qui arrive aux chevaux et aux ruminants, qui continuent souvent à manger quoiqu'ils ne soient plus dans un état physiologique.

Voici deux foies de lapins qui se ressemblent parfaitement ; ils ont été traités de la même manière : tous deux appartiennent à des animaux sacrifiés pendant la digestion, et cependant leur décoction présente les différences les plus grandes. Tandis que l'une est fortement opaline, l'autre est parfaitement claire. L'une contient la matière amylacée glycogène, l'autre n'en renferme pas. La différence physiologique tient ici à ce que le second foie appartient à un lapin rendu malade et affaibli par une asphyxie lente.

Ici encore, comme vous le voyez, la contradiction expérimentale doit être expliquée, non par les conditions physiques ou chimiques des procédés employés, mais par une différence puisée dans une condition essentiellement physiologique.

Nous ajouterons que, dans ces états d'abaissement de l'énergie physiologique, où manque la matière glycogène, il est impossible aussi de réussir à rendre les animaux artificiellement diabétiques.

Ce trouble de l'organisme que nous signalons ne doit pas être confondu avec l'état morbide, parce qu'il n'est lié à aucun état pathologique classé dans les cadres nosologiques et qu'il constitue le plus souvent un état seulement passager. Par opposition, il peut arriver que certaines lésions pathologiques localisées n'empêchent pas l'organisme de présenter sa vigueur normale : c'est ce que j'ai souvent eu l'occasion d'observer et j'ai vu dernièrement un chien qui portait des tumeurs cancéreuses dans le foie et le poumon, sans être pour cela dans cet état d'affaissement général qui fait disparaître l'acccomplissement des phénomènes nutritifs et s'oppose à la formation de la matière glycogène du foie.

Je pourrais citer un très grand nombre d'autres exemples analogues, mais ceux que j'ai rapportés suffisent déjà pour vous prouver que les difficultés les plus grandes qui environnent le physiologiste expérimentateur résident dans la détermination des conditions physiologiques de l'expérience. En effet, le physiologiste n'a pas seulement à tenir compte dans ses appréciations des différences les plus faciles à constater, telles que l'espèce, l'âge, la taille, le sexe, etc.; mais il a encore à tenir compte des modifications physiologiques qui peuvent survenir dans l'organisme sur lequel il expérimente, soit spontanément et indépendamment de lui, soit souvent aussi par son fait, c'est-à-dire par les mutilations qui sont les conséquences de son manuel opératoire. C'est en raison de toutes ces difficultés que déjà nous avons ailleurs conseillé de faire usage de la méthode des expériences comparatives et contradictoires qui diminue autant que possible les causes d'erreur, soit qu'elle les annule les unes par les autres, soit qu'elle les rende visibles en les exagérant quand elles n'étaient pas immédiatement sensibles à l'observateur.

Mais, Messieurs, ce n'est pas tout encore : les conditions de cet état

de vigueur et d'intégrité vitale qui, résultant du jeu normal du système nerveux et d'une parfaite harmonie des états organiques, représente le degré d'énergie physiologique d'un animal, font non seulement varier ou disparaître certaines propriétés physiologiques, mais elles prédisposent parfois l'organisme vivant d'une manière toute différente vis-à-vis des agents extérieurs.

Nous avons placé ici comme exemple de ce nouveau genre d'action, un moineau sous une cloche, dans un milieu confiné, où il respire depuis quelque temps ; il y est déjà très malade par suite de la viciation de l'air, mais il y pourra vivre encore pendant une demi-heure environ. Maintenant nous plaçons sous cette même cloche un autre moineau de même âge, de même sexe, nourri de même, mais qui, très vigoureux, n'a pas été, comme l'autre, affaibli par le séjour dans un milieu confiné. Or, vous voyez qu'en introduisant le moineau vigoureux sous la cloche, il y meurt instantanément, tandis que l'autre continue à y vivre.

Vous constatez donc, par ce fait singulier, qu'un milieu qui est délétère pour un animal vigoureux ne l'est pas au même degré pour un animal affaibli. Certains poisons peuvent agir dans le même sens ; les grenouilles ou les mammifères affaiblis et languissants sont, ainsi que nous vous l'avons montré ailleurs, empoisonnés beaucoup plus difficilement par le curare que les animaux vigoureux. Toutefois, on ne saurait généraliser le fait dans le sens unique que nous venons d'indiquer, car il peut arriver que, dans d'autres circonstances, l'inverse s'observe, et que l'animal affaibli, au contraire, résiste moins à certains agents que l'animal vigoureux. Mais, dans tous les cas, il ressort des expériences ce fait général, que deux organismes entre lesquels on ne peut pas constater de différence relativement à l'espèce, à l'âge, au poids, etc., se trouvent cependant inégalement prédisposés à être affectés par les agents extérieurs selon leur état d'affaiblissement ou d'énergie qui a modifié les réactions de leur système nerveux.

Cette espèce de prédisposition organique que nous constatons ici comme condition physiologique, intéresse au plus haut degré la médecine. Il en résulte, en effet, que si l'on doit souvent placer la cause des maladies dans le milieu extérieur, il faut aussi reconnaître que les conditions de production et de développement de ces maladies se rencontrent

dans le degré d'énergie vitale actuelle de l'organisme. Sans cela, comment expliquer que les mêmes causes de maladies contagieuses ou autres produisent des effets nuls chez certains sujets et violents chez les autres. Tous les jours ne donne-t-on pas comme cause de diverses maladies l'exposition du corps à des modificateurs bien déterminés. Cependant, tous ceux qui s'exposent à l'influence de ces mêmes causes de maladie ne sont pas atteints ; il n'y a que ceux chez lesquels existe une prédisposition morbide, de même que tout à l'heure, dans notre cloche, le milieu asphyxique n'a agi rapidement que sur un animal qui se trouvait dans des conditions organiques qui le prédisposaient à en ressentir les effets.

Enfin, la prédisposition de l'organisme, qui se traduit par une simple modification de l'énergie vitale du système nerveux, peut encore se manifester autrement; elle peut imprimer à une lésion traumatique une terminaison différente de celle qu'elle aurait eue dans une autre condition. Ainsi, pour prendre toujours nos exemples dans des faits physiologiques, nous dirons que la section du nerf grand sympathique au cou donne lieu à des troubles qui se terminent d'une manière bien différente, suivant que l'animal est vigoureux ou qu'il est languissant et affaibli. Dans le premier cas, la section des nerfs amène seulement une vascularisation plus forte et une élévation dans la température de la partie; puis peu à peu les phénomènes rentrent dans leurs conditions normales. Dans le second cas, lorsque l'animal est préalablement affaibli, à la vascularisation et à l'élévation de température des parties s'ajoute une formation abondante de pus, une inflammation véritable et très vive qui a son siége dans les membranes muqueuses du nez, de la bouche, de l'œil, quand on coupe le filet cervical du grand sympathique; qui donne lieu à des pleurésies et à des péritonites violentes ordinairement mortelles, lorsqu'on blesse la portion thoracique ou la portion abdominale du grand sympathique.

Nous bornerons là les citations de ces cas spéciaux que nous pourrions multiplier à l'infini, et nous conclurons que, pour faire une bonne expérience physiologique, il faut, avant tout, bien étudier l'organisme vivant sur lequel on opère, afin de se placer dans des conditions organiques toujours comparables. J'ai voulu seulement aujourd'hui

tourner votre pensée vers l'importance et l'indispensable nécessité d'une pareille étude. Il appartiendra maintenant au temps de perfectionner l'expérimentation physiologique et d'apprendre exactement les conditions organiques de chaque expérience en particulier. Cette étude des conditions de l'organisme animal, au point de vue expérimental, est entièrement à faire; et je pense que c'est par cette connaissance exacte de l'être vivant que l'expérimentation physiologique en particulier devra se perfectionner, et qu'elle ne pourra jamais s'en tenir aux seules conditions instrumentales et physico-chimiques de l'expérience, quelque irréprochables qu'on les suppose d'ailleurs.

Mais, Messieurs, les considérations que nous venons de vous présenter sur les difficultés inhérentes à l'expérimentation physiologique doivent nous fournir encore un autre genre d'enseignement bien propre à nous faire désirer son perfectionnement et à nous montrer avec quelle réserve il convient pour le moment de s'avancer dans une science dont les moyens d'investigation sont encore si imparfaits et entourés de tant de causes d'erreur. Je désire vous faire sentir par quelques exemples combien il est nécessaire, pour ne pas tomber dans les interprétations fausses qui se présentent à chaque instant, d'avoir des principes philosophiques bien arrêtés, afin de ne pas dévier de la voie qu'ils tracent à nos jugements, et d'obtenir ainsi une base de critique pour ses expériences aussi bien que pour celles des autres.

Il n'est peut-être pas un expérimentateur auquel il ne soit arrivé, après avoir fait et répété une expérience dans des conditions déterminées, de ne plus obtenir, dans une nouvelle série d'expériences, le résultat qui, pour lui, résumait ses premières observations. En répétant son expérience, après avoir pris de nouvelles précautions, il pourra arriver qu'au lieu de retrouver le résultat primitivement obtenu, il en rencontre un autre tout différent. Que faire dans cette situation? Faudra-t-il admettre que les faits se contredisent dans les expériences physiologiques? — Évidemment non, et bien que cela se dise tous les jours, ce n'en n'est pas moins parfaitement absurde. Faut-il alors penser que, dans la première série d'expériences, on a été trompé par ses sens? — Encore moins. Je dis même qu'on n'a jamais scientifiquement le droit d'en agir ainsi. C'est un moyen qui pourrait paraître

commode, mais qui serait éminemment nuisible à la science. Pourquoi, d'ailleurs, aurait-on été plutôt le jouet de ses sens dans la première série d'observations que dans les autres? Et puis si l'on reconnaît qu'on a des sens infidèles, il faut renoncer de suite à l'expérimentation; car on vient d'avouer qu'on y est tout à fait impropre.

Tout homme donc qui croirait pouvoir dire un jour qu'une chose existe, et le lendemain qu'elle n'existe pas, sans en donner une raison expérimentale qui explique les deux cas en apparence opposés, cet homme manque de la notion scientifique.

Qu'y a-t-il donc à faire alors? Attendre pour se prononcer, et en attendant, admettre tout simplement que les conditions de l'expérience qu'on croyait connues ne le sont pas. Mais il faut toujours garder cette conviction profonde que, si les résultats ont différé dans deux séries d'observations, c'est que certainement ces observations n'étaient pas faites dans les mêmes conditions. Dès lors, l'expérimentateur cherchera sans relâche à connaître ces conditions, et il y arrivera toujours tôt ou tard, car les faits ne sauraient être opposés les uns aux autres; ils ne peuvent être qu'indéterminés. C'est alors seulement, quand il aura trouvé la raison expérimentale de la contradiction apparente des faits, qu'il pourra mieux déterminer la nature des phénomènes physiologiques qu'il étudie, et rectifier, par la connaissance des causes d'erreur, les procédés opératoires et les interprétations erronées tirées d'une première expérience. Mais jamais il ne peut nier ce qu'il a vu et observé.

A ce sujet, permettez-moi de vous rapporter un ou deux exemples entre mille que je pourrais citer : J'ai fait connaître depuis longtemps une expérience qui consiste à rendre un animal artificiellement diabétique en piquant le plancher du quatrième ventricule. Ayant été guidé par des vues théoriques que je n'ai pas besoin de rappeler, je fis l'expérience. Or je réussis du premier coup et je vis un lapin devenir diabétique. Ensuite je répétai plus de vingt fois l'expérience sans obtenir ce résultat. Cependant il ne me vint jamais à l'esprit de renier ma première expérience positive au profit des vingt négatives faites après. J'ai persisté à expérimenter, j'ai déterminé les causes d'insuccès et j'ai fini par établir les conditions de l'expérience telles que vous les connaissez aujourd'hui.

Lorsqu'en 1839, je suivais le cours et fréquentais le laboratoire de Magendie, je pus voir de près la sensibilité récurrente qu'il découvrit dans les racines rachidiennes antérieures. Voulant ensuite moi-même répéter l'expérience, j'ai cherché la sensibilité récurrente pendant quatre ans sans la pouvoir trouver. D'autres qui étaient dans le même cas que moi la nièrent purement et simplement. J'avoue qu'il ne put pas m'entrer dans l'esprit que j'avais pu constater les caractères d'une chose qui n'avait aucune existence. J'aimai mieux croire que si je ne voyais pas la sensibilité récurrente c'est que je n'avais pas su la trouver; et l'événement m'a donné raison, car à force de persistance, j'ai fini non seulement par retrouver la sensibilité récurrente, mais par déterminer ses conditions expérimentales de telle manière, que tous ceux qui voudront la constater maintenant pourront y arriver d'une manière certaine.

En résumé, Messieurs, j'admets que l'erreur absolue de fait n'existe pas dans les sciences d'observation, ou bien elle est volontaire et ne relève plus, dès lors, d'aucune méthode scientifique.

Les seules erreurs que je doive admettre sont les erreurs d'explication d'interprétation, et quant à celles-ci, elles sont de tous les jours et peuvent arriver à tout le monde; et même, dans certains cas, elles sont à peu près inévitables. Le seul moyen de s'en préserver et de ne pas compromettre sa réputation à ce sujet, c'est, comme disait Fontana, de s'abstenir et de ne rien faire. « Combien peu nous sommes sûrs, dit ce grand physiologiste, de nos interprétations pour les choses que nous croyons le mieux connaître, et pour lesquelles nous avons pris le plus de précautions pour ne pas nous tromper! Je ne sais qu'une classe d'hommes, ajoute-t-il, qui ne se trompe jamais: ce sont ceux qui ne font rien, qui n'observent rien et n'instituent aucune expérience. Tous les autres se trompent, et d'autant plus qu'ils feront plus de recherches nouvelles. »

Toutefois, ces erreurs deviendront plus faibles à mesure que le perfectionnement de l'expérimentation physiologique nous mettra à même de mieux saisir les conditions physiologiques des phénomènes qui se rapportent à une question donnée, et à ce propos il faut reconnaître que le premier expérimentateur a toujours plus chance de se tromper que les autres, qui peuvent déjà profiter des enseignements des expériences anté-

rieures. En effet, l'interprétation exacte de la cause d'un phénomène ne peut être rigoureusement appréciée que lorsqu'on a vu ce phénomène sous toutes ses faces et qu'on l'embrasse dans son ensemble. Jusqu'à ce moment toutes interprétations que l'on donne ne peuvent être que provisoires. Mais je le répète, si dans tout cela il y a des faits qui semblent varier, ce sont des faits irréductibles, pour le moment à leur véritable condition, mais non en réalité opposés.

Maintenant, Messieurs, vous comprenez sans peine que la ligne de conduite que je vous indiquais, et qu'il convient de suivre dans la critique de ses propres expériences, doit être suivie aussi lorsqu'on essaie d'apprécier les expériences des autres. Il arrive, en effet, tous les jours, que des expérimentateurs trouvent sur un même sujet des résultats différents de ceux qui les ont précédés. Eh bien, je dis que, dans ce cas, on n'a pas plus le droit de nier ce qu'un autre a vu que de renoncer soi-même aux résultats de sa propre observation. Une pareille négation n'a aucune portée scientifique ; si elle est donnée comme fait absolu, elle est absurde parce que la contradiction expérimentale ne peut pas exister, ou injurieuse parce que cela équivaut à dire que celui que l'on contredit a menti.

Le rôle d'une critique sérieuse et vraiment scientifique n'est donc pas d'opposer des faits à des faits, mais de chercher la raison des divergences apparentes dans les résultats, et d'établir par là les conditions exactes des phénomènes. L'expérimentateur qui cherche la vérité devra trouver la raison de ces divergences dans les conditions indiquées par l'observateur dont il étudie les travaux, ou bien s'il préfère il pourra se renseigner auprès de l'auteur lui-même. Ce rapprochement constamment instructif fait toujours faire un pas en avant dans la recherche de la vérité. Un mot suffit souvent pour dissiper les incertitudes ; fréquemment j'en ai eu la preuve, en échangeant ici avec des savants étrangers des explications sur des points parfois trop légèrement indiqués dans les expériences publiées.

Lorsqu'un expérimentateur trouve des résultats contradictoires à ceux annoncés par ses prédécesseurs, au lieu de s'empresser de les publier, comme cela arrive le plus souvent, il doit être au contraire bien plus circonspect. Les expériences contradictoires ou autrement dit les résul-

tats négatifs sont toujours les plus faciles à obtenir, par la bonne raison que dans toutes les sciences, il y a mille manières de faire une mauvaise expérience, et souvent une seule de la faire convenablement. Des faits négatifs ne prouvent donc absolument rien contre un fait positif, surtout dans une science comme la physiologie où l'expérimentation est si complexe. Dire qu'on n'a pas trouvé la sensibilité récurrente cela ne saurait aucunement prouver qu'elle n'existe pas; je vous ai montré que cela indique simplement qu'on n'a pas su se mettre dans les conditions où elle existe. Vous comprendrez en outre qu'en physiologie plus qu'ailleurs peut-être, l'art de bien faire une expérience est nécessairement le résultat d'un long apprentissage de la part de son auteur, apprentissage par par lequel devront nécessairement passer tous ceux qui voudront la répéter convenablement après lui. C'est là une vérité bien banale, qui semble cependant souvent méconnue aujourd'hui en physiologie, et qui ne sera comprise qu'à mesure que l'expérimentation deviendra plus parfaite.

En terminant, je vous signalerai encore une manière vicieuse de traiter les questions physiologiques, qui me semble toujours avoir sa cause dans la complexité de l'expérimentation et dans la multiplicité des phénomènes vitaux. Cette manière pourrait être appelée critique par encombrement. En effet, il est des expérimentateurs qui ne se proposent pas pour objet de répéter les expériences des auteurs qui les ont précédés, de les juger en y ajoutant quelque chose ou en rectifiant quelques points mieux interprétés. Il se bornent seulement à faire sur le même sujet d'autres expériences toutes différentes dont ils tirent des conclusions tout à fait indépendantes. De là résulte un vague dans les questions qui se trouvent ainsi encombrées de faits de plus en plus complexes sans rien résoudre. Lorsqu'on institue des expériences nouvelles sur un sujet déjà traité, il faut toujours que ce soit pour y ajouter des faits capables de l'élucider ou de l'agrandir; on doit poser nettement la question au lieu de l'entourer d'obscurités nouvelles. Il faut chercher à simplifier l'expérimentation, en instituant, autant que possible, des expériences décisives, et faire, s'il se peut, qu'une seule puisse suffire, en arrivant à ce que toutes les conditions expérimentales soient assez connues pour serrer d'assez près le nœud du problème.

Vous le voyez, toutes les imperfections de la critique peuvent donc, en physiologie, facilement s'abriter sous les imperfections mêmes de l'expérimentation. Les faits sont si complexes, et par conséquent si multiples, que rien n'est plus ordinaire que d'obtenir des résultats différents, en ayant l'air d'avoir fait la même expérience. Mais je ne saurais trop répéter qu'il faut être certain que, dans tous les cas, la contradiction dans les faits est impossible, et qu'il n'y a jamais qu'indétermination dans les conditions de l'expérience.

La conséquence qui ressort tout naturellement de là c'est que la critique expérimentale n'a jamais autre chose à faire qu'à trouver la solution des conditions expérimentales. Cette solution avance toujours la science; mais elle ne peut détruire aucun fait observé; elle les réduit, redresse seulement leurs interprétations, donne aux résultats une signification assise sur des notions plus étendues et par suite plus rapprochées de la vérité. Si, au contraire, on se borne à accumuler simplement des faits complexes, on oppose des expériences négatives à des expériences positives, on encombre la science, on jette l'obscurité et le découragement dans l'esprit de ceux qui se sentiraient portés vers les études physiologiques, et l'on fournit des arguments à ces hommes qui s'imaginent que la science physiologique doit sortir toute faite de leurs rêveries. C'est alors qu'ils peuvent s'écrier : Voyez à quoi servent les expériences physiologiques, elles n'amènent qu'erreurs et contradictions !

Voilà, Messieurs, très en abrégé, quelques préceptes de critique que nous trace inévitablement le désir d'arriver à la vérité. Maintenant, quant aux difficultés de l'expérimentation, elles ne sauraient la faire rejeter ni vous décourager. Il est tout naturel que ce soit dans la physiologie que l'expérimentation se perfectionne en dernier lieu, en raison de la complexité de ses phénomènes. Aujourd'hui, de tous côtés, on la rend plus parfaite dans sa partie instrumentale. Il me suffit de vous avoir montré qu'il y a aussi dans ce perfectionnement à tenir compte des conditions physiologiques de l'organisme vivant.

PARIS. — TYPOGRAPHIE ET LITH. FÉLIX MALTESTE et Cie,
Rue des Deux-Portes-Saint-Sauveur, 22.

VERGLEICHENDE BEMERKUNGEN

ÜBER

FARBEN UND FARBENWECHSEL

BEI DEN

CEPHALOPODEN UND BEI DEN CHAMÄLEONEN.

VON

PROF. BRÜCKE,

WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

(Aus dem Februar-Hefte des Jahrganges 1852 der Sitzungsberichte der math.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften [VIII. Bd., S. 196] besonders abgedruckt).

Vergleichende Bemerkungen über Farben und Farbenwechsel bei den Cephalopoden und bei den Chamäleonen.

Von dem w. M. Prof. **Brücke.**

Am 4. December 1851 habe ich die Ehre gehabt, der Classe einige Mittheilungen über den Farbenwechsel der Chamäleonen zu machen. In Rücksicht auf die Mechanik desselben hatten namentlich die Untersuchungen von Milne Edwards[1]) den meinigen zum Ausgangspunkte gedient, und ich war desshalb näher auf die einzelnen Angaben des berühmten Zoologen eingegangen. Die letzte derselben sagt: *qu'il existe une grande analogie entre le mécanisme à l'aide duquel ces changemens de couleur paraissent avoir lieu chez ces reptiles et celui qui détermine l'apparition et la disparition successive des taches colorées dans le manteau de divers mollusques céphalopodes.* Von dieser allein hatte ich nicht gesprochen, da ich den Farbenwechsel der Cephalopoden nur aus Beschreibungen kannte. Ich wollte anfangs meine ganze Mittheilung zurückhalten, bis es mir möglich sein würde, auch über diesen Punkt aus eigener Anschauung ein Urtheil zu fällen; da ich aber im Laufe des Semesters nicht nach Triest reisen konnte, gab ich die Hoffnung auf, in nächster Zeit ein lebendes Cephalopod in meine Hände zu bekommen. Indessen ist es Herrn Bartholomeo Biasoletto in Triest durch den kräftigen Schutz, den unser würdiger Präsident, der Herr Handels- und Finanzminister Ritter von Baumgartner, der Sendung angedeihen liess, gelungen, mir ein Exemplar von *Octopus vulgaris*, zwar nicht lebend im gewöhnlichen Sinne des Wortes, aber doch noch in reizbarem Zustande zu senden. Dieses Thier hatte den Weg vom Postamte in Triest bis in meine Wohnung in vier und dreissig

---

[1]) *Annales des sciences naturelles Sér. II, tom. I, p. 48.*

Stunden zurückgelegt, und, obgleich ich noch zwei Stunden auf hinreichendes Tageslicht warten musste, so konnte ich selbst nach dieser Zeit mittelst des Magnet-Elektromotors nicht nur die Muskeln zur Zusammenziehung bewegen, sondern auch einen localen Farbenwechsel hervorbringen, indem sich hellere Stellen, wenn sie mit den Elektroden berührt wurden, dunkler färbten.

Rudolf Wagner[1]) zeigte zuerst, wie dieser Wechsel durch eine Ausdehnung der rothbraunen Chromatophoren der Thiere hervorgebracht wird, und Emil Harless[2]) erläuterte dies auf Untersuchungen an Loligo getützt dahin, dass die Chromatophoren durch eigene contractile Fasern, welche an ihre Wand angeheftet sind, auseinander gezerrt werden. Ich habe diese Fasern an meinem Thiere nicht wahrgenommen, zweifle aber desshalb nicht, dass sie auch hier vorhanden waren, indem die Art, wie die Chromatophoren ihre Form veränderten, dies sehr wahrscheinlich macht. Im passiven Zustande waren sie kleine schwarze sphäroidische Massen, im activen flache Schollen von bedeutender Ausdehnung, in welchen das nur in dünner Schichte ausgebreitete Pigment im durchfallenden Lichte mit schönpurpurbrauner Farbe erschien. Der Umriss der von oben gesehenen Schollen war polygonal und die Ecken des Polygons oft in Spitzen ausgezogen, während die Seiten desselben concav waren. Wenn man ausserdem sah, dass sich an die concaven Seiten auch concave Flächen anlegten, so musste man es für sehr wahrscheinlich halten, dass an den Ecken des Polygons Kräfte wirkten, welche es nach verschiedenen Richtungen auseinander zerrten. Wahrscheinlich zeichnen sich die contractilen Fasern bei Octopus weniger vor dem übrigen Gewebe aus als bei Loligo, so dass man nur durch ihre Bewegungen aufmerksam auf sie wird, die ich nicht beobachten konnte, da die Reizbarkeit des Thieres nicht mehr so gross war, dass die Chromatophoren sich noch an ausgeschnittenen Hautstücken unter dem Mikroskop bewegt hätten. Ich habe ihre Bewegungen nur an dem Thiere selbst und unter dem Einflusse der Elektricität mit der Doublette beobachtet.

---

[1]) Ueber das Farbenspiel, den Bau der Chomatophoren und das Athmen der Cephalopoden. Isis 1833, S. 159. — Ueber die merkwürdige Bewegung der Farbenzellen der Cephalopoden und über eine muthmasslich neue Reihe von Bewegungsphänomenen in der organischen Natur. Wiegmann's Archiv 1841. I, S. 35.

[2]) Erichson's Archiv für Naturgeschichte. XII. Jahrg. (1846.) 1. Hft. S. 34.

Was die Chromatophoren selbst anlangt, so nennt sie Harless S. 41 contractile Säeke, ich habe aber keine Spur von Contractilität an ihnen wahrnehmen können, und mir ist aueh weder von Harless selbst, noeh von sonst jemand eine Beobaehtung bekannt, vermöge weleher man ihnen Contraetilität zusehreiben könnte. Harless selbst seheint im Laufe seiner Arbeit seine Ansicht über diesen Gegenstand geändert zu haben, indem er noeh Seite 39 die Zusammenziehung der Chromatophoren von der Elastieität herleitet, womit ich völlig übereinstimme.

Ieh muss wenigstens in Rüeksicht auf Oetopus mieh der Ansicht Rudolf Wagner's wieder zuwenden, dass die Membran, welehe das Pigment zunächst umsehliesst, eine Zellenmembran sei. Die Grösse ist kein entseheidender Grund dagegen, wenn man die eigenthümlichen mechanischen Verhältnisse berüeksiehtigt, unter denen sie vegetirt, und Kölliker fand im Embryo den Durchmesser der Chromatophoren, wenn sich in ihnen zuerst Pigment zeigt, nur gleich 0·006 bis 0·009 Linien. Ieh finde die Membran naeh innen glatt und strueturlos, und die organischen Elemente, welehe Harless in derselben besehreibt, scheinen mir nur von aussen angelagert zu sein. Kölliker, der die Chromatophoren auch nicht für Zellen hält, sondern sie Pigmentflecken nennt, führt an, dass in der ersten Zeit, wenn sie zur Erseheinung kommen, in jeder derselben eine Embryonalzelle mit ihrem Kernchen liegt, aber aueh in jeder Ganglienkugel liegt ein Gebilde, das von einer gekernten Zelle nieht zu unterseheiden ist, und doeh stehen wir nicht an, die Ganglienkugeln den Zellen beizuzählen, da ihre strueturlose Hülle so wie die Seheide der Nervenröhre, die von ihr ausgeht in ihrer ersten Anlage die Wand einer Embryonalzelle ist.

Im ausgewachsenen Oetopus seheint der Inhalt der Chromatophoren eine gerinnbare Substanz zu enthalten, denn so lange die Reizbarkeit dauerte waren die Pigmentkörner gleiehmässig in demselben vertheilt, längere Zeit nach dem Tode aber sammelten sie sich in einzelne grössere oder kleinere Gruppen.

Ausser diesen schwarzen oder rothbraunen Pigmentzellen führt die Haut von *Octopus vulgaris* nur noch gelbe, welehe aber ihre Form nieht verändern.

Schon aus der Abbildung von Carus[1]) war es mir unwahrscheinlich geworden, dass alle Farben des Thieres von diesen beiden Pig-

[1]) *Nova Acta naturae curiosum XII. P. I, p. 319.*

menten herrühren sollten. Noch mehr war dies der Fall, als ich das Thier im frischen Zustande vor mir sah. Ich bemerkte nämlich, dass es im eigentlichen Sinne des Wortes opalisirte, das heisst, dass unter seiner trübweisslich durchscheinenden Oberfläche wie beim Edelopal mannigfache Farben, namentlich schön grüne und blaue Tinten, hervorschimmerten. Die mikroskopische Untersuchung der Haut im auffallenden Lichte belehrte mich bald über die Ursache derselben. In ihr waren nach unten von den Pigmentzellen zahllose, sehr kleine Flitterchen eingestreut, welche die lebhaftesten und verschiedenartigsten Farben reflectirten.

Es ist mir nicht zweifelhaft, dass diese Farben Interferenzfarben dünner Blättchen sind. Erstens spricht dafür der ausserordentliche Glanz und die Lebhaftigkeit der Farben, und zweitens der Umstand, dass alle Farben, welche hier vorkommen, einer bestimmten Abtheilung der Farbenscala entnommen sind; es sind nämlich keine anderen als die des dritten Newton'schen Ringsystemes, welche vom Violet aufwärts bis zum Roth vollständig und in allen Abstufungen vertreten sind. Namentlich waren an meinem Exemplare häufig blaue, meergrüne, grasgrüne und gelbgrüne Flittern. Die complementären Farben bei durchfallendem Lichte konnte ich zwar nicht zur Anschauung bringen, es erklärt sich dies aber aus der ausserordentlichen Kleinheit der Flittern. Man muss sich erinnern, dass wenn wir mit unsern zusammengesetzten Mikroskopen die Gegenstände bei durchfallendem Lichte untersuchen, unsere Netzhaut kein Bild derselben im gewöhnlichen Sinne des Wortes empfängt, sondern der Schatten des Objects auf sie geworfen wird. Wenn nun auch der Effect der Beugung bei grösseren Gegenständen so gering ist, dass er nicht wahrgenommen wird, so kann er doch bei einem so kleinen Objecte, wie das in Rede stehende, die optischen Eigenschaften desselben sehr wohl verdecken. Vielleicht mochte auch die Intensität der im durchfallenden Lichte interferirenden Wellenzüge so verschieden sein, dass die Farbe an sich nur sehr schwach ausfallen konnte. Desshalb sah man die Flittern, wenn sie von unten beleuchtet waren, nur als einzelne helle, mattgelbliche oder bräunliche Punkte, von einem dunkleren Rande umgeben.

Nachdem diese Thatsachen ermittelt sind, lassen sich folgende Aehnlichkeiten und Unterschiede aufstellen zwischen dem Chamäleon und dem Octopus, der schon von den Alten unter dem Namen *πολύπους* seines Farbenwechsels wegen immer neben diesem genannt wird.

1. Bei beiden Thieren sind die Farben, welche sich zeigen, theils Interferenzfarben, theils rühren sie von Pigmenten her, aber beim Chamäleon werden die Interferenzfarben durch Epidermiszellen erzeugt, welche als solche über den Pigmentzellen liegen, während sie beim Octopus von Flitterchen herrühren, die in der Cutis unter den Pigmentzellen liegen.

2. Bei beiden Thieren kommen zwei Pigmente vor, ein helles und ein dunkles, aber beim Chamäleon decken sie die ganze Oberfläche, beim Octopus sind ihre Zellen nur mehr oder weniger dicht unter der Oberfläche gesäet und werden in beträchtlichen Strecken derselben ganz vermisst.

3. Bei beiden Thieren ist das dunkle Pigment das bewegliche, das helle das ruhende, aber die Art der Bewegung ist bei beiden verschieden. Während beim Octopus die Gestalt der Zelle auch immer die Gestalt des in ihr enthaltenen Pigmentes darstellt, indem dieses überall in ihr vertheilt ist, können beim Chamäleon bedeutende Portionen der weitverzweigten Zelle ganz von Pigment entleert werden. Beim Chamäleon kann das dunkle Pigment sich völlig hinter dem hellen verstecken und dann wieder hervortreten, um seinerseits das helle vollständig zu verdecken; beim Octopus dagegen verschwindet das dunkle Pigment nie ganz, sondern zieht sich nur das eine Mal in kleine, die Haut wenig färbende Klümpchen zusammen, während es das andere Mal, in breite flache Schollen ausgedehnt, die Farbe derselben bedeutend verdunkelt.

4. Bei beiden Thieren kann man den Farbenwechsel hervorrufen, indem man elektrische Ströme als Hautreiz einwirken lässt, aber bei dem Chamäleon weisen sie den hellfarbigen, beim Octopus den dunkelfarbigen Zustand als den activen nach.

Nachrichten

von der G. A. Universität und der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.

Januar 31. № 3. 1859.

Universität.

Seine Majestät der König haben allergnädigst geruht, den bisherigen außerordentlichen Professor Dr. Mommsen hieselbst zum ordentlichen Professor in der juristischen Facultät zu ernennen.

Akademisches Museum.

Der Munificenz S. Majestät unsers allergnädigsten Königs verdankt das hiesige akademische Museum zwei interessante Suiten Surinamscher Vogelarten.

Königliche Gesellschaft der Wissenschaften.

Beitrag zur Geschichte der Physik der elektrischen Fische

von Dr. W. Keferstein.
Assistenten am physiologischen Institut.

Der Königlichen Societät am 13. Januar 1859 durch Herrn Hofrath Wagner vorgelegt.

Dasjenige, was die Alten von den elektrischen Fischen wußten, übergehe ich hier, an verschiedenen Orten *) finden sich hinlängliche Darstellungen davon, und beginne mit der Zeit, wo mit dem Wie-

*) so z. B. Frenzel, (praeside G. A. Langguth) Diss. inaug. med. de Torpedine veterum genere Raja. Wittenbergae 1777. 4; J. Pringle A Discourse on the Torpedo deliverd at the anniversary meeting of the Royal Society Nov. 30. 1774, London 1775. 4. von

Heraufblühen der Wissenschaften auch die Naturwissenschaften in ein neues Leben treten.

Die großen Zoologen dieser Periode wie Rondelet, Gessner, Aldrovandi u. A. handeln alle sehr genau vom Zitterrochen in naturhistorischer Beziehung, ohne jedoch seiner wunderbaren Kraft eine weitere Berücksichtigung zu widmen: ihre Schriften sind uns aber deshalb noch wichtig, weil in ihnen alle Stellen der alten Schriftsteller wo sie des Zitterrochens erwähnen aufs Gewissenhafteste gesammelt sind. Der erste Schritt zur genaueren Kenntniß dieses wunderbaren Fisches geschah erst, nachdem die eigene Beobachtung und der Versuch, als die wahre Methode der inductiven Wissenschaften erkannt war, in Italien, wo diese Richtung der Forschung in der Akademie del Cimento ihren Ausdruck fand, durch ein Mitglied dieser Körperschaft, Francis. Redi aus Arezzo, der überhaupt als der frühste Beobachter in der vergleichenden Anatomie angesehen werden muß. Redi*) stellte 1666 mit dem Zitterrochen Versuche an, er beschreibt das Gefühl beim Schlage sehr genau, erläutert die Anatomie des Fisches und

dessen ersten Theil Langguth eine lateinische Uebersetzung giebt in Progr. acad. Wittenberg. 1779. 4.; E. du Bois Quae apud veteres de piscibus electricis exstant argumenta. Diss. med. Berolin. 1843. 8. G. Wilson On the Elect. Fishes as the earliest Elect. Machines employed by Mankind. Read at the Brit. Assos. Dublin 1857. Aug 27. (Edinb. new phil. Journ. [N. S.] VI. Oct. 1857. p. 267—287.); gute Darstellungen der ganzen Geschichte in: Gehler Physical. Wörterb Bd. IV. 1. 1827. Art. Electrische Fische von Pfaff; Fr. Tiedemann Physiologie des Menschen. Bd. I. pag. 522—536. Darmst. 1830.

*) Esperienze intorno a diverse cose naturali etc. Fierenze 1671. 4. p. 47—54.

führt zuerst die elektrischen Organe an, deren größere Verhältnisse er gut darstellt und denen allein er die betäubende Kraft zuschreibt: er nennt sie meistens musculi falcati, ein Name, der in der Wissenschaft lange beibehalten ist. Daß es kein geringes Verdienst war, diese Organe entdeckt und die betäubende Kraft auf sie beschränkt zu haben, sieht man sehr auffallend daraus, daß der so genaue Engelbr. Kämpfer *), obwohl er eine sehr umständliche Anatomie des Zitterrochens liefert und sich weitläufig über seine Kraft verbreitet, doch diese so in die Augen fallenden Organe durchaus nicht erwähnt. Noch genauer als Redi beschreibt sein Schüler Stefan Lorenzini **) die electrischen Organe in seiner sehr ausführlichen anatomischen Monographie der Torpedo und bei ihm findet man zuerst eine Theorie über ihre wunderbare Kraft. Beim Schlage, sagt er nämlich, verkürzten sich die musculi falcati, trieben dadurch feinste Körperchen aus sich aus, die sich in die Haut und Muskeln des berührenden Gliedes einbohrten und dasselbe betäubten, grade wie vom Feuer feinste Körperchen ausstrahlten und die umgebenden Gegenstände erwärmten: die Verkürzung jener Organe sähe man, als die jedem Schlage vorhergehende Abflachung des Rückens des Fisches. Ueberhaupt sah man zu jener Zeit die elektrischen Organe, als von rein muskulöser Natur an, so nannte Nik. Steno ***) die Säulchen derselben

*) Amoenitatum exoticarum politico-physico-medicarum Fasciculi V. Lemgo 1772. 4. p. 509—515.

**) Osservationi intorno alle Torpedini. Firenze 1678. 4. mit 5 Taf. p. 30 und p. 113—116.

***) nach Olig. Jacobaeus Anatome piscis Torpedinis motusque tremuli examen in Th. Bartholin Acta medica et philos. Hafniensia. Tom. V. Ann. 1677—79. Hafniae 1680. 4. p. 253—259. mit 3 Taf.

schlechtweg fibras motrices und Borelli*), der Iatromathematiker, gründet darauf seine rein mechanische Theorie des Schlages. Er nimmt an, jene Organe zögen sich mehrere Male schnell hintereinander zusammen und gäben so dem berührenden Gliede eine Reihe von heftigen Stößen, die den Krampf zu Folge hätten, gleich dem der von einem Stoß an dem Ellbogen herrührte.

Dieser mechanischen Theorie gegenüber, stand die, welche die Kraft des Zitterrochens einem Ausfluß von Gift zuschrieben, die u. A. Cl. Perrault vertheidigt und die so volksthümlich war, daß der Zitterrochen, wie Linné**) erzählt, auf dem Markt von Venedig, als giftig, nicht verkauft werden durfte.

Zur alleinigen Herrschaft kam die mechanische Anschauungsweise, als Réaumür***) sich derselben zuwandte. Dieser große Naturforscher experimentirte an der Küste von Poitou mit dem Zitterrochen, widerlegt die früher aufgestellten Theorien und kommt endlich zum Resultate, daß beim Schlage jene beiden merkwürdigen sichelförmigen Muskeln sich langsam zusammenzögen, wie man an der Abflachung des Rückens des Fisches sähe, und dann mit einem Male, mit einer fürs Auge unsichtbaren Schnelligkeit, in ihre frühere Form

*) de Motu animalium. Ed. Altera. Lugd. Bat. 1685. 4. Part II. Cap. XXI. Propos. 219.

**) Amoenitat. academ. Holmiae et Lips. 1749. 8. Vol. I. p. 308.

***) des Effets que produit le Poisson appelé en français Torpille ou Tremble, sur ceux qui le touchent, et de la cause dont ils dépendent. in Hist. de l'Ac. roy. des Scienc. Année 1714. Paris. 1717. 4. Histoire p. 19—22, Mémoires p. 344—360. Pl. 12 u. 13. (lu 14 Nov. 1714).

zurückspräugen und durch diesen schnellen Schlag das betäubende Gefühl hervorbrächten. Linné, Haller und viele Andere schlossen sich der Réaumürschen Theorie an, die von keiner Seite auf Widerspruch stieß.

Während so die Wirkung des Zitterrochens auf rein mechanische Momente zurückgeführt schien, öffneten sich mit der Bekanntschaft mit den übrigen elektrischen Fischen, ganz neue Bahnen der Anschauung, ganz neue Theorien, nachdem vorher die Physik in der Elektricitätslehre ganz außerordentliche Fortschritte gemacht hatte.

Die s. g. Leydener Flasche wurde nämlich 1745 von Kleist und wohl unabhängig davon im folgenden Jahre, zu seinem eignen größten Schrecken von Musschenbroek entdeckt, und mit außerordentlicher Schnelligkeit durcheilte diese glänzende Entdeckung die Welt, überall wurden die Versuche damit wiederholt und allgemein hatte man das Streben geheimnißvoll erschütternde Kraftäußerungen ähnlichen Anordnungen zuzuschreiben: zu hoch darf man es deshalb nicht aufschlagen, wenn der um die Conchyliologie und Botanik so verdiente Adanson*), als er 1751 am Senegal die Bekanntschaft des Zitterwelses machte, dessen Schlag sofort mit dem der Leydener Flasche vergleicht und bemerkt, derselbe pflanzte sich ebenso wie dieser durch einen 5′—6′ langen Eisendrath fort, er hatte ja Paris grade in der Zeit verlassen als die Leydener Flasche, als wunderbarstes Instrument, in den Händen Jedermanns war. Der erste, der den Zitterwels kennen lehrte, war übrigens nicht Adanson, sondern der engl. Schiffscapitän Rich.

*) Histoire naturelle du Sénégal (Voyage fait de 1749—1753). Paris 1757. 4. p. 135 (Sept. 1751).

Jobson*), der 1620 den Gambia befuhr: er beschreibt den Fisch und erzählt von seiner wunderbar betäubenden Kraft; Adanson aber ist der Erste, der diese mit der Elektricität vergleicht.

Der französische Astronom Richer**), der 1672 auf der Insel Cayenne die Verkürzung des Secundenpendels unter dem Aequator beobachtete, gibt auch beiläufig einige Nachrichten, und das sind die ersten, welche darüber bekannt werden, von einem in den Flüssen Guianas vorkommenden aalartigen Fisch, der den berührenden Arm auf eine wunderbare höchst kraftvolle Weise betäubte. Aehnliche unbestimmte Angaben gelangten bald noch mehrere nach Europa: Artedi***) beschrieb diesen Fisch als Gymnotus und Gaubius bildete das Exemplar, das Allamand in Leyden geschickt erhielt, in seiner Ausgabe von Seba's Thesaurus ab. Genauere Nachrichten gab aber erst, auf eine Anfrage Allamand's, 's Gravesande†), der damals Gouverneur zu Rio Essequebo war; 1754 schrieb er „der Aal bringt dieselbe Wirkung hervor wie die Elektricität, wie ich sie bei Euch von jener elektirschen Flasche gefühlt habe". Aehnliche, aber noch genauere Angaben, macht unterm 7 Juni

*) Sammlung aller Reisebeschreibungen . . . Bd. III. Leipzig 1748. 4. p. 42. und Purchas Pilgrimes in five books. P. II. London 1625 fol. p. 1568.

**) Histoire de l'Acad. des Scienc. Vol. I. Année 1666—1686. Paris (réimpr.) 1733. 4. Année 1674. p. 176. 177.

***) P. Artedi Ichthyologia s. opera omnia de Piscibus. Op. post. ed. Linné. Lugd. Batav. 1738. 8. Pt. III. Genera pisc. p. 25.

†) Allamand Van de uit werkzelen, welke un Americaanse Vis veroorzakt op de geenen, die hem anraken. Verhand. v. d. Haarlem. Maatsch. II. Haarl. 1758, 8. p. 374.

1761 Frans van der Lott*), Chirurg in holländ. Diensten zu Rio Essequebo, an die Haarlemer Gesellschaft. Derselbe leitet den Schlag des Gymnotus durch fünf Personen, erfährt, daß die Conductoren der Elektricität ihn durchlassen, während man mit Isolatoren ungestraft den Fisch berühren kann, und findet so, daß seine Kraft mit der Elektricität die größte Aehnlichkeit hat. Aehnliche Versuche stellte der Schwede Forskål**) 1762 an, als er den Zitterwels im Nil fand: „Nichts, sagt er, gleicht seinem Schlage mehr als die Elektricität, und wenn man den Fisch an seidenen Fäden aufgehängt hat, theilt sich sein Schlag, wie die Elektricität. durch Eisen mit".

So war also zugleich mit der Bekanntschaft mit den beiden neuen elektrischen Fischen mit Einem Male die Wirkung der Elektricität mit ins Spiel gezogen, und die Streitfrage nach der Ursache jener merkwürdigen Kraft trat in ein neues Stadium. Schon der berühmte Kämpfer***), als er in den 1680ger Jahren den Orient so aufmerksam durchforschte, vergleicht bereits die Kraft der Wirkung der Persischen Torpedo, der eines kalten Blitzschlages, worin ein etwas phantastischer Geschichtsschreiber also den frühsten Vergleich mit der Elektricität zu finden glauben könnte.

Aber noch hielten die meisten Vertreter der Wissenschaft fest an der Theorie Réaumür's, und als Muſſchenbroek†), einer der ersten, welche

*) kort Bericht van den Conger Aal. ibid. IV. 2. Haarl. 1762. p. 87—95.

**) Descriptio animal. quae in itin. orient. observavit. ed. C. Niebuhr. Hauniae 1775. 4. p. 16. Observ. 2.

***) Amoenitat. exotic. Lemgo. 1772. 4. p. 514.

†) Pet. van Musschenbroek Introductio ad philos. natur. Lugd. Batav. 1762. 4. Vol. I. §. 901-909.

die elektrische Theorie annahmen, seine Meinung über die Electricitätsentwickelung beim Zitteraal in einem Briefe an Nollet der französ. Akademie mittheilt, meint der Referent *) über diese Nachricht, beim Gymnotus dürfte es wohl ebenso sein, wie bei der Torpedo, wo auch erst nach langer Mühe Réaumür der Schlag auf mechanische Weise erklärt hätte. Die Versuche der Holländer waren aber zusprechend und Haller, der zuerst **) der Réaumürschen Ansicht angehangen hatte, nimmt besonders nach van der Lott's Experimenten die Elektricitätsentwicklung beim Gymnotus und der Torpedo an ***).

Aber es gebührt unbedingt dem Engländer John Walsh das Verdienst 1772 an der Torpedo †) und dann 1776 am Gymnotus ††), von denen er mehrere lebend hatte nach London bringen lassen, die Entwicklung der gewöhnlichen nun schon so bekannten Elektricität zur unbestreitbaren Thatsache erhoben zu haben †††). Walsh fand nämlich, daß der

*) Histoire de l'Acad. roy. des Sc. Année 1760. Paris 1766. 4. Histoire p. 21—23.

**) Elementa physiologiae. Vol. IV. Lausanne 1762. 4. p. 485.

***) ibid. Vol. VIII. Bernae 1766. 4. Addenda D. D. Bernae 20 Jun. 1765. p. 176.

†) Walsh On the electric Property of the Torpedo. Philos. Transact. Vol. 63. Pl. 2. 1773. London 1774. 4. p. 461—481. mit Tab. 19. (Letter to B. Franklin read 1 July 1773).

††) Walsh selbst hat über seine Versuche am Gymnotus nichts veröffentlicht, es berichtet aber darüber Le Roy Lettre à M. Rozier sur l'étincelle électrique de l'Auguille de Surinam in Rozier Observat. et Mém. s. l. Physique etc. Octob. 1776. P. VIII. 4. p. 331—336.

†††) Die Royal Society erkannte das Verdienst ihres Mitgliedes durch die Ueberreichung der Copley Medaille an,

Schlag sich durch mehrere, beim Gymnotus bis 27, Personen fortpflanzte, wenn sie sich mit nassen Händen anfaßten und bei der Torpedo um Rücken und Bauch, beim Gymnotus um Kopf und Schwanz eine Kette bildeten, daß ferner die Leiter der Elektricität den Schlag leiteten, wie die Isolatoren seine Mittheilung hinderten und daß man mit dem Gymnotus deutliche elektrische Funken erhalten könnte. Ferner entdeckte er, und das ist vielleicht der wichtigste Fortschritt in seinen Versuchen, daß bei der Torpedo sich Rücken und Bauch in einem elektrisch differenten Zustand zu einander befänden, daß, wie bei der Leydener Flasche, die eine Seite des Organs positif, die andere negatif elektrisch sei, während ihm die genaueren Verhältnisse der elektrischen Vertheilung noch unbekannt blieben; Walsh sah die elektrischen Organe also zuerst als electrische Maschinen in einem bestimmten Sinne an, die nach dem Willen des Thieres in Thätigkeit gesetzt würden.

Der zweite große Schritt zur Erkenntniß der wunderbaren Wirkung der elektrischen Fische wurde durch Spallanzani*) 1783, besonders aber Galvani**) 1797 und den englischen Arzt

bei der der Präsident John Pringle seine Eingangs angeführte Rede hielt.

*) Lettra sopra la Torpedine. 23 Feb. 1783. in Opuscoli scelti sulle Scienze. T. VI. Milano 1783 4. p. 73—104., dann Lettra prima relativa a diverse produzioni marine. 15 Gennajo 1784. in Memorie di Matematica e Fisica della societa Italiana T. II. Pl. 2. Verona 1784. 4. p. 648—657. §. 15. Torpedini. (übersetzt in (Gehler) Sammlungen zur Physik und Naturgesch. Bd. 4. St. 3. Leipzig 1789. 8. S. 338—348) wo die musculi falcati zuerst „electrische Organe" genannt werden.

**) mitgetheilt von seinem Neffen Giov. Aldini Essai théoretique et expérim. s l. Galvanisme. Bd. II. Paris. 1804. 8. p. 68. 69.

„Organe électrique artificiel“ nannte*). Volta meinte durch den Einfluß der Nerven würden die Plättchen des Organs einander genährt, die richtige Menge Flüssigkeit zwischen sie gedrängt und auf diese Weise eine Säule dritter Classe d. h. eine nur aus feuchten Leitern bestehende hergestellt und schlug zur Bestätigung dieser Ansicht dem Physiker Configliachi, der in Gemeinschaft des Physiologen Jacopi sich mit dem Zitterrochen beschäftigte, eine Reihe von Versuchen vor**), die, wie man denken kann, nicht gelangen***). Ferner gab Volta höchst geistreiche Versuche an um das Dasein der galvanischen Elektricität darzuthun und die Richtung des vom Fische ausgehenden Stroms durch dessen physiologische Wirkung zu bestimmen.

Bevor ich jedoch auf die Bestätigung der Entwicklung galvanischer Elektricität bei den Zitterfischen eingehe, muß ich auf eine Arbeit über die Elektricitätsentwickelung überhaupt bei diesen Fischen zurückkommen, die, weil sie ihre Zeit so weit überragte, nur von geringem Einfluß auf den allgemeinen Fortschritt in diesem Felde gewesen ist und erst viel später in ihrem wahren Werthe hervor-

*) Volta On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different kinds. Letter to Jos. Banks d. D. Côme 20 Mars 1800. in Phil. Transact. 1800. II. 403—431.

**) Volta Sopra Esperienze ed Osservationi da intraprendersi sulle Torpedini. Lettra al P. Congfigliacchi d. D. Como 15 Jul. 1805 in Brugnatelli Annal. d. Chim. e Storia nal. 1805. T. 22. p. 223—248 (mit bedeutungsvollen Anmerkungen übersetzt von J. W. Ritter in Gehlen Jour. f. d. Chem. Phys. u. Min. IV. 1807. p. 612—647).

***) Configliachi's Antwort auf diesen Brief d. D. 6 Aug. 1805. a. e. a. O. (Brugnatelli p. 249—256 und Gehlen p. 647—659).

Todd*) 1812 gethan, indem sie den Einfluß des Nervensystems auf die Elektricitätsentwicklung bewiesen, ein Verhältniß was schon John Hunter**) geahndet hatte: nach Durchschneidung der Nerven der elektrischen Organe an der Torpedo, befanden sich zwar die Fische noch ganz wohl, allein zu elektrischen Schlägen konnten sie nicht mehr veranlaßt werden und ebenso hörten diese auf wenn nur das Gehirn allein zerstört war. Später wurde durch Jacopi***) und Tiedemann†) diese Abhängigkeit der Elektricitätserregung vom Nervensystem noch genauer dahin bestimmt, daß bei der Torpedo ein besonderer Theil im Gehirn, die lobi electrici diese Wirkung allein beherrschten. Beim Gymnotus liegen diese Nervencentern im Rückenmark, und beim Malapterurus hat in der neusten Zeit Th. Bilharz††) im oberen Theil des Rückenmarks jederseits eine große Ganglienzelle aufgefunden, aus welcher die einfache Nervenfaser des elektrischen Organs entspringt.

Ein bedeutendes Interesse gewinnen die elektrischen Fische durch die besondere Aufmerksamkeit, die ihnen einer der größten Physiker, Alex. Volta, widmete, indem er ihre Wirkung auf die seiner Säule zurückführen wollte und diese sogar im Gegensatz zum elektrischen Organ der Torpedo,

*) Some observations and experiments made on the Torpedo at the Cape of Good Hope 1812. in Philos. Transact. 1816. I. p. 120—127. (read 15 Feb. 1815).

**) Anatom. Observat. on the Torpedo. Phil. Transact. Vol. 63. 1773, London 1774. p. 487.

***) Elementi di Fisiologia et Notomia comparata 1810.

†) Ueber das Hirn u. d. fingerfr. Fortsätze der Trigeln. in Meckels Archiv 1816. p. 109.

††) Das elektrische Organ des Zitterwelses. Leipzig 1857. fol.

trat: ich meine Cavendish' Versuch die Wirkung der Torpedo durch gemeine Elektricität nachzuahmen *). Dieser große Physiker bestätigte durch das Experiment die Möglichkeit der Walsh'schen Anschauungsweise der Torpedo. Eine Scheibe von Holz oder Leder, die jederseits mit einer Stanniolscheibe als Nachahmung der elektrischen Organe beklebt war, diente ihm zum Model des Zitterrochens, das er in ein Gefäß mit Wasser setzte, die beiden Stanniolscheiben mit den beiden Belegungen einer aus 49 Flaschen bestehenden Leydener Batterie in Verbindung setzte und so alle Erscheinungen, die man bis dahin am Zitterrochen beobachtet hatte, auf völlig genügende Art darstellte.

Bis auf Cavendish hatte man meistens gemeint, die Electricität ginge den besten und kürzesten Weg, Cavendish zeigte nun, wie ungereimt dieses sei und wie die Elektricität alle ihr dargebotenen Wege ginge, durch den besseren Leiter strömte nur mehr, als durch den schlechteren. Eine Torpedo erfüllte also das ganze Wasser bei ihrer Entladung mit elektrischen Strömungscurven (von denen Cavendish a. a. O. Tab. 3. Fig. 1. eine Abbildung gibt) und die eingetauchte Hand würde überall von der Elektricität durchflossen, um so fühlbarer, je näher dem Fisch und überhaupt nur von wenig, da das Wasser so eminent viel besser die Elektricität leite, wie sie.

Man sieht also, daß Cavendish bereits im Besitz der Grundzüge der von Ohm 1827 aufgestellten Gesetze war, die auch da nur noch lang-

*) An Account of some Attempts to imitate the effects of the Torpedo by Electricity. Philos. Transact. Vol 66. 1776. I. p. 196—225. mit Tab. 3. (read 18 Jan. 1775).

sam Eingang zu finden vermochten, und wie außerordentlich groß diese Entdeckung der Elektricitätsvertheilung war, erhellt wohl daraus zur Genüge, daß bis auf die neuste Zeit ein großer Theil der Experimentatoren mit den elektrischen Fischen, sich dieselbe nicht zu eigen gemacht haben und viele Versuche höchst wunderbar fanden, die man mit Hülfe von Cavendish' Prinzip für selbstverständlich halten muß.

Die Beweise daß es wahre galvanische Electricität sei, welche die elektrischen Fische erzeugen, wurden erst 1830 vollständig von John Davy*) an der Torpedo gegeben: er beobachtete die Ablenkung des Multiplicators, die Magnetisirung eines Stahlstabes in einer Drathspirale, deutliche Funken, die Walsh bereits am Gymnotus erlangt hatte, die Zersetzung des Wassers und salpetersauren Silbers und bestimmte zuerst die Richtung des von der Torpedo erzeugten Elektricitätsstroms dahin, daß die positife Elektricität im Wasser vom Rücken zum Bauche des Fisches strömte. Später **) fügte er zu diesen Versuchen noch die Reduction von Jod aus Jodkaliumkleister und die Wärmeentwicklung in einer Thermokette durch die Elektricität der Torpedo hinzu. Viele dieser Versuche hatte bereits 1805 Volta in seinen o. a. Briefe an Configliacchi vorgeschlagen. Für den Gymnotus wurden die entsprechenden Versuche 1838 von Faraday***) und 1839 von Schön-

*) An Account on some Experiments and Observ. on the Torpedo. p. D. Malta 30 Sept. 1830. Phil. Transact. 1832. II. p. 259—265. (read 22 März 1832).

**) Observat. on the Torpedo etc. ibid. 1834. II. p. 542—549. (read 19 Jun. 1834).

***) On the character and direction of the elec. force of the Gymnotus. Exper. Research. Ser. XV. § 23.

bein*) für den Malapterurus 1857 von du Bois Reymond**) ausgeführt, und dabei gefunden, daß beim Zitteraal der Strom im Wasser vom Kopf zum Schwanz, beim Zitterwels aber vom Schwanz zum Kopf geht.

Walsh hat sich jeder Hypothese über die Entstehungsart der Elektricität bei den Zitterfischen enthalten, Galvani***) aber, dann Becquerel†) und in seiner ersten Zeit auch Matteucci nahmen an, daß die Elektricität sich im Gehirn der Torpedo bildete, durch die Nerven in die elektrischen Organe flösse und dort frei würde, eine Meinung, die der Letztere aber bald selbst völlig widerlegte, die man jedoch wunderbarer Weise in den neusten Werken der Becquerels††) festgehalten findet. Lange Zeit herrschte Volta's Ansicht, daß die elektrischen Organe Voltasche Säulen wären, die nur aus feuchten Leitern beständen, während sie J. W. Ritter†††) auf nicht ganz klare Weise mit seiner secundären (Ladungs-) Säule

Nro 1749—1795. in Phil. Transact. 1839. I. p. 1—12 (read 6 Dec. 1838). (Deutsch in Pogg. Ann. Ergänz. Bd. I. 1840. 385—405).

*) Beob. über die electr. Wirkg. d. Zitteraals. Einladungssch. z. Promotionsfeier des Pädagog. Basel 1841. 4.

**) Nachricht v. e. nach Berlin gelangten lebenden Zitterwels in Monatsber. Berl. Akad. 13 Aug 1857. p. 424—429.

***) Bei Aldini a. a. O.

†) Traité expériment. de l'Electric. et du Magnet. Vol. IV. Paris 1836. 8. p. 290.

††) Becquerel et Edm. Becquerel Traité d'Electric. et du Magnet. Vol. I. Paris 1855. 8. p. 267. und dieselben Résumé de l'hist. de l'Electric. et du Magnet. Paris 1858. 8. p. 176.

†††) Beiträge z. näh. Kenntniß des Galvanismus. Bd. II. Stück 3. u. 4. Jena 1805. 8. p. 243 Note p. 245 Note und in s. Bemerk. z. Voltas o. a. Brief in Gehlen Jour. f. d. Chem., Phys. u. Min. IV. 1807 p. 644. Note.

vergleicht. Valentin *) sieht die elektrischen Organe als Voltasche Säulen an, die jedoch durch den Nerveneinfluß gleichsam erst zusammengeordnet würden und in Wirksamkeit träten, während Pacini **), der entdeckte, daß in jedem Septum die Nervensubstanz und das stützende Bindegewebe in zwei Lagen gesondert sind, in jedem Septum die Elemente einer Thermokette, in dem Nerveneinfluß ein Analogon der Wärme findet, und so die Elektricität entstehen läßt.

Seit Redi hat man die elektrischen Organe vielfach mit Muskeln verglichen und theilweise gradezu als solche angesehen, aber erst G. Carus ***) und, jedoch viel unklarer, H. Steffens †) trieben diesen Vergleich weiter und Carus sagt mit einfachen Worten, „wie der Muskel sich contrahirt, gibt das elektrische Organ eine Entladung". Fast alle vergleichenden Anatomen nach ihm handeln die elektrischen Organe bei den Bewegungsapparaten ab, oder auch in Verbindung mit den Leuchtorganen der Lampyris, eine Annäherung, die durch Kölliker's schöne Entdeckungen darüber völlig gerechtfertigt ist. Weiterer Werth wurde jedoch auf diese Analogie nicht gelegt und das Verdienst die Tragweite dieses Vergleiches in ihrem vollen Maaße erkannt zu haben, gebührt unstreitig Matteucci.

*) Elektricität der Thiere in Wagner Handwörterb. der Physiol. Bd. I. 1842. p. 276. 277.

**) Sulla struct. intima dell' organo elett. del Gymnoto etc. (Gaz. medica italian. federat. 1852).

***) Lehrbuch der Zootomie. Leipzig 1818. 8. p. 298. 299.

†) Ueber die electrischen Fische in L. Wachler Philomathie von Freunden der Wiss. u. K. Bd. I. Frankf. a.M. 1818. 8. p. 143 ff. (Gelesen 3. Dec. 1817).

Schon Ritter a. a. O. Beiträge p. 247 Note hatte ähnliche Ansichten ausgesprochen.

Matteucci*) zeigte, daß alle Einflüsse, die bei einem Muskel Contraction, beim elektrischen Organ eine Entladung zur Folge haben und daß das elektr. Organ dabei ebensowenig wie der Muskel bei seiner Contraction eine Volumsveränderung erleidet. An mit Strychnin vergifteten Zitterrochen legt er die Analogie am klarsten dar, denn in derselben Zeit, wo die Muskeln des Rochens in den heftigsten Tetanus fallen, geben die elektrischen Organe die kräftigsten Entladungen und ebenso wie die Muskeln durch solche Gifte ins Stadium der leichten Auslösung der Reflexe gerathen, geben dann die elektr. Organe Reflexentladungen auf leichte Reize. Auch ausgeschnittne elektr. Organe lassen sich von ihren Nerven leicht zu Entladungen reizen, am leichtesten treten diese aber ein bei Berührung der elektrischen Lappen des Gehirns.

So scheint die Analogie zwischen Muskel und elektr. Organ in Bezug auf ihre Innervirung hinreichend bewiesen und R. Wagner**), der 1846 in Pisa Matteucci's Versuche bestätigte, erkennt sie als treffend an und du Bois Reymond***) hat neuerdings gezeigt, daß wenn man auf den Nerven des elekt. Organs des Zitterwelses einen tetanisirenden Strom wirken läßt, dieses eine Reihe dichtgedrängter Schläge giebt, grade wie unter denselben Verhältnissen ein Muskel, nach seinen

*) Traité s. l. phénomènes électrophysiolog. des Animaux, suivi d'Etudes anal. s. l. Syst. nerv. et s. l'org. élec. d. l. Torpille par P. Savi. Paris 1844. 8. p. 145—181.

**) Sympat. Nerv, Ganglienstruct. und Nervenend. in s. Handwrtrb. d. Physiolog. Bd. III. 1. 1846, p. 379 381.

***) Ueber lebend nach Berlin gelangte Zitterwelse aus Westafrika. in Monatsbericht d. Berl. Akad. 1858. Jan. 28. p. 106.

Entdeckungen, auch eine dichtgedrängte Reihe von Contractionen macht und nur für unser Auge sich stetig zusammenzuziehen scheint.

Auf der anderen Seite zeigt aber Eckhard*) bei der Torpedo und du Bois Reymond**) am Malapterurus, daß den elektrischen Organen das dem Muskelstrome analoge elektrische Verhalten abgeht, während es dagegen wieder von Alters her bekannt ist, daß die elektrischen Fische nach häufigem Gebrauche ihrer Kraft ermüden und erst Ruhe und Nahrung ihnen das Vermögen zu neuen kräftigen Entladungen wiedergeben, grade wie Muskeln durch Ruhe und Nahrung zu neuer Arbeit sich stärken.

Wie nun neuerdings Hallers Lehre von der Irritabilität der Muskelsubstanz besonders durch Cl. Bernard's und Kölliker's Wuralivergiftungen wieder kraftvoll ins Leben getreten ist, so darf man auch vielleicht vermuthen, daß auch die elektrischen Organe ohne Vermittlung der Nerven zu elektrischen Entladungen im Stande sein werden, eine Meinung für die sich auch Goodsir***) bereits ausgesprochen hat.

Bei allem Licht, das auf diese Weise in die Anschauung der Zitterfische gebracht ist, bleibt dennoch ein bislang gänzlich unlösliches Räthsel bei ihnen übrig. Durch die Versuche Humboldt's, Matteucci's, R. Wagner's u. A. erhellt aufs

*) zur Physiologie des electr. Organs beim Zitterrochen, in seinen Beiträgen z. Anat. u. Physiol. Heft. II. Gießen. 1858. 4. p. 161. 162.

**) a. a. O. p. 105.

***) Review of the present state of organic Electricity in Edinburgh new Philos. Journ. New Series. Vol. II. 1855. p. 376.

Bestimmteste, daß die Muskeln und Nerven der Zitterfische grade wie diese Theile anderer Thiere auf die gewöhnliche Art durch Elektricität reizbar sind und Matteucci's Versuche zeigen sogar, daß für die elektrischen Organe auch Nobili's Gesetz der Zuckungen Geltung hat, ferner weiß man seit Galvani, daß die Elektricität der Zitterfische sich gerade wie die gewöhnliche Elektricität zum Froschpräparat verhält, und du Bois Reymond*) hat durch direkten Versuch bewiesen daß der Zitterwels im Augenblick des Schlages vom elektrischen Strome durchflossen wird — und dennoch lehren alle Beobachtungen, daß der Fisch durch seinen eigenen Schlag zu keiner Muskelbewegung veranlaßt wird, und daß dieser (wohl nur bis zu einer bestimmten Grenze) auch für Seinesgleichen nicht fühlbar ist, wie Humboldt's**) und Colladon's***) Versuche beweisen, ferner fand du Bois Reymond†), daß wenn er elektrische Ströme durchs Wasser leitete, welche die anderen Fische darin völlig lähmten, seine Zitterwelse darin unbelästigt blieben, bis sie außerordentlich verstärkt wurden, wo sie die Ströme zu merken schienen, und Fahlberg††) sah seinen Zitteraal, der in elektrisirtem Wasser schwamm, nur dann zusammenfahren, wenn er seinen Kopf aus dem Wasser hob und man ihm dann einen elektrischen Funken herauszog, wo er also durch einen sehr starken Strom gereizt wurde. Aus Allem geht demnach hervor, daß die Zitterfische, wie du Bois es nennt, eine Immunität gegen den elektrischen Strom besitzen, die es ihnen ja auch allein ermöglicht ihre wunderbare Kraft als Waffe zu gebrauchen. Mit Hülfe Cavendish' Princip übersieht man wie außerordentlich stark der Strom des Zitteraals sein muß, wenn er Pferde zu Boden werfen soll, und jene Immunität tritt als wunderbarste Thatsache unerklärt entgegen.

*) a. a. O. p. 107.

**) Observ. s. l'Anguille élec. lu à l'Inst. de Fr. 20 Oct. 1806. in Humboldt et Bonpland Observat. de Zool. et d'Anat. comp. I. Paris 1811. 4. p. 79. 80.

***) Expériences s. l. Torpille in Compt. Rend. 24 Oct. 1836. III. 490 (Pogg. Ann. Bd. 39. 1836. p. 413).

†) a. a O. p. 107.

††) Beskrifning ofver Electriske Aalen in Vetensk. Akad. Nya Handl. T. 22. 1801. Stockholm 1801. 8. (Gilb. Ann. d. Phys. Bd. 14. 1803.

SITZUNG VOM 8. OCTOBER 1857.

Eingesendete Abhandlungen.

Untersuchungen über die Papillen in der Mundhöhle der Froschlarven.

Angestellt im physiologischen Institute der Wiener Universität

von **Salomon Stricker.**

(Mit 1 Tafel.)

Die Froschlarven tragen in ihrer Mundhöhle eine ziemlich constante Zahl von Papillen, welche an bestimmten Standorten einzeln oder zu Paaren aufsitzen. Man braucht nur die Spitze einer feinen Scheere in die Mundhöhle einzuführen, durch einen Schnitt die ganze Schleimhaut derselben blosszulegen, und letztere mit einer Nadel abzustreifen, um sich zu überzeugen, dass die genannten Gebilde Schleimhautfortsätze seien. Sie erheben sich mit einem cylindrischen oder etwas plattgedrückten Körper, um dann mit einer oder mehreren abgerundeten Spitzen zu endigen.

Der durchscheinende und homogene Körper ist an seinem unteren grösseren Abschnitte von einer einfachen Zellenlage bekleidet, an einem oberen Abschnitte werden diese Zellen gewöhnlich massenhaft und pigmenthältig. Weder durch Zusatz von Reagentien noch durch Druck konnte ich dieselben ablösen. (Fig. 1.)

Der untere Theil des Körpers ist der Untersuchung leicht zugänglich. Man findet in ihm, eine Menge länglicher Kerne, welche mit zwei fadenförmigen Fortsätzen und einem körnigen Inhalte versehen sind, quer eingelagert, ausserdem zwei bis drei helle und dünne Fäden von der Basis gegen die Spitze verlaufen.

Die Form und das constante Vorkommen dieser Fäden, so wie die an ihnen beobachtete Theilung machen es schon wahrscheinlich, dass sie Nervenfasern seien. Zur Gewissheit wurde mir aber diese Annahme dadurch, dass ich an einer unter der vordersten Hirnzelle aufsitzenden Papille einen solchen Faden bis zu einem grösseren Nervenbündel, welches längs eines Rathke'schen Balkens [1]) verlief, verfolgen konnte. Um mich über den Verlauf dieser Nervenfasern durch die pigmentirten Stellen der Papille, und über deren Verhalten an der Spitze aufzuklären, fand ich es am zweckmässigsten die Präparate erst mit *acidum acet. glaciale,* und bald darauf mit Glycerin, dem etwas Natron beigemengt ist, zu behandeln.

Es zeigte sich alsdann, dass die Fäden an den genannten Stellen sich vielfach theilen, und dann die einzelnen Ästchen theils bis hart an die Spitze, theils nach den Seiten hinschicken. An diesen Stellen angelangt hören sie mit ganz leichten Anschwellungen auf, nachdem sie sich noch gewöhnlich in eine Endgabel aufgelöst haben. Die zwei Zinken einer solchen Gabel pflegen so nahe an einander zu liegen, dass sie mit den zwischen ihnen liegenden Körnchen einen grösseren Kern täuschend nachahmen können. Ich kann übrigens nicht leugnen, dass ich an manchen Stellen selbst nach den genauesten Beobachtungen solche Endkerne zu sehen glaubte.

---

[1]) Ich habe mich des Ausdruckes Rathke'sche Balken aus dem Grunde bedient, weil ich mich von der Existenz derselben, ganz in dem Sinne wie sie Rathke in seiner Entwicklungsgeschichte der Natter schildert, auf das Bestimmteste überzeugen konnte, und zwar mittelst einer Präparationsmethode, welche es mir nebst der Leitung des Herrn Prof. Brücke möglich machten, die Entwicklungsgeschichte der Froschlarven mit viel grösserer Sicherheit zu studiren, als dieses bei der schwierigen Präparation unter der Loupe möglich ist. Nachdem ich nämlich die Froschlarven durch einige Tage in absolutem Alkohol aufbewahrt hatte, konnte ich dieselben in beliebig dünne Scheibchen schneiden, welche schon nach Zusatz vom Wasser für die stärksten Vergrösserungen geeignet waren. Die weitere Behandlung mit Glycerin machte es aber möglich, die einzelnen Organe oder deren Anlagen in Bezug auf Topographie und Structur gleichzeitig zu untersuchen.

Solche Schnitte, in drei auf einander senkrechten Ebenen am Kopftheile der Larven geführt, waren es, welche mich überzeugten, dass die Schädelbasis derselben von der Gegend der Gehörorgane bis nahe zum vorderen Ende des centralen Nervensystems, mit Ausnahme zweier seitlicher, knorpeliger Balken, nur aus zwei Membranen bestehe, deren untere die Schleimhaut der Mundhöhle, deren obere aber eine sehr dünne, bindegewebige Anlage ist. Letztere setzt sich über die innere Seite des dreikantigen, seitlichen oder Rathke'schen Balkens nach oben fort, um dann mit den weichen Schädeldecken zu verschmelzen.

Wer viele Froschlarven auf die beschriebenen Gebilde untersucht, wird gewiss auch solche finden, denen die pigmentirten Stellen am oberen Abschnitte ganz fehlen, und sich nach Zusatz von Glycerin sehr leicht von dem Verhalten der Nervenendigung überzeugen können. (Fig. 3.)

Ich habe ferner Beobachtungen über ein ähnliches Verhalten der Hautnerven gemacht, und zwar an der Unterlippe der Froschlarven. Diese besitzt nämlich an ihrem freien Rande eine einfache Reihe von Papillen, welche über die Mundwinkel hinauf bis an die Hornzähne der Oberlippe reichen.

Im Baue unterscheiden sich diese Papillen nicht wesentlich von den in der Mundhöhle befindlichen. Sie besitzen einen den Hautpapillen des Menschen ähnlichen Körper, in welchen längliche Kerne quer eingelagert sind, und ein darüber liegendes mehrschichtiges Epithel. Nach Zusatz von *acid. acet. glaciale* und Glycerin konnte ich beobachten, dass mehrere helle Fädchen gegen die Spitze hinziehen, wo sie gewöhnlich nach einmaliger Theilung in der schon beschriebenen Weise ihr Ende erreichen. (Fig. 2.)

In Bezug auf Billroth's neueste Entdeckung über den Zusammenhang der Nerven mit dem Epithel an den breiten Papillen der Froschzungen muss ich bemerken, dass sich mir durch die beschriebenen Gebilde eine ähnliche Ansicht aufdrängte. Die Veranlassung dazu gaben folgende Umstände: 1. dass die Endanschwellungen gewöhnlich sehr oberflächlich liegen; 2. dass man nach leichtem Drucke mit dem Deckgläschen nicht selten einen oder den andern Faden an der Spitze frei in die sich abstreifenden Zellen herausragen sieht; endlich 3. dass die Ästchen, welche nach der Seite hinzielen, in dem das Gebilde umgrenzenden Saume ihr Ende erreichen. Dieser Saum, der bei jeder seitlichen Ansicht zur Anschauung kommt, ist aber offenbar nur der Ausdruck der sich deckenden Epithelialzellen.

Es erübrigt mir nur noch von der Function der beschriebenen Gebilde zu sprechen.

Der Standort und der Nervenreichthum der Papillen an der Unterlippe, so wie deren Zusammenhang mit der Cutis sprechen klar dafür, dass wir es mit Tastpapillen zu thun haben. Sie müssen die Nahrung vor ihrem Eintritte durch die Mundöffnung betasten, und können bei der Beweglichkeit der Unterlippe selbst bei ihrer Aufsuchung behilflich sein.

Der Nervenreichthum der Schleimhautpapillen stellt es ebenfalls ausser Zweifel, dass sie einer Empfindung vorstehen. Der Umstand jedoch, dass zur Zeit ihrer höchsten Ausbildung noch kein eigentliches Geschmacksorgan ausgebildet ist, und dass an der Stelle, wo später die Zunge erscheint, zu jener Zeit breite mit den Papillen gleichgebaute Schleimhautfortsätze vorhanden sind, legen den Gedanken nahe, dass wir es hier mit einem provisorischen Geschmacksorgane zu thun haben. Mit dem Erscheinen der hintern Extremitäten verkümmern sie allmählich und sind endlich im ausgebildeten Thiere gar nicht mehr zu finden.

Erklärung der Abbildungen.

Figur 1 stellt eine Papille aus dem Boden der Mundhöhle bei 300maliger Vergrösserung dar.

a Nervenfaden,

b quergelagerte Kerne,

c Grenze zwischen dem pigmentirten und durchscheinenden Theile der Papille.

Figur 2 stellt eine Papille dar, welcher das pigmenthältige Epithel gänzlich fehlt. Vergrösserung 400 Mal.

a und *b* wie in Fig. 1,

d dunkler Saum durch das Epithel gebildet.

Figur 3. Zwei Papillen vom freien Rande der Unterlippe nach Behandlung mit *acid. acet. glaciale* und Glycerin. Vergrösserung 350.

a und *b* wie früher.

d Epithelialsaum der sich von einer Papille auf die andere ununterbrochen fortsetzt.



Fig. 1.



Fig. 2.

Fig. 3.



Aus d. k.k. Hof u. Staatsdruckerei





